



ISBN : 978-602-72086-1-2

PROSIDING

**SEMINAR NASIONAL
HASIL-HASIL PENELITIAN PROGRAM PASCA SARJANA**

*"PENELITIAN BERKUALITAS UNTUK MENINGKATKAN
DAYA SAING BANGSA MENGHADAPI
MASYARAKAT EKONOMI ASEAN"*



Rabu, 25 November 2015

Program Pascasarjana
Universitas Diponegoro,
Jl. Imam Bardjo, SH No. 5
Semarang.

Telp. (024) 8318856, 8442990

Fax. (024) 8449608

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL HASIL-HASIL PENELITIAN PROGRAM PASCASARJANA 2015

“PENELITIAN BERKUALITAS UNTUK MENINGKATKAN DAYA SAING BANGSA MENGHADAPI MASYARAKAT EKONOMI ASEAN”

SEMARANG, 25 NOVEMBER 2015

TIM EDITOR :
SUTARYO
FAUZIYAH MASTUTI
SILVIA NUR SAFAAH



Penerbit ISAA
(Indonesian Society of Animal Agriculture)

Semarang, Maret 2016

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL HASIL-HASIL PENELITIAN PROGRAM
PASCASARJANA 2015 “PENELITIAN BERKUALITAS UNTUK MENINGKATKAN
DAYA SAING BANGSA MENGHADAPI MASYARAKAT EKONOMI ASEAN”**

ISBN : 978-602-72086-1-2

**HAK CIPTA 2016, PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
Jl. Imam Bardjo, SH No. 5 Semarang 50241
Telp. : (024) 8318856, 8318694
Fax : (024) 8318856
E-mail : pasca@undip.ac.id**

Diterbitkan oleh:

Indonesian Society of Animal Agriculture (ISAA)

Gedung F Lantai 1 Fakultas Peternakan dan Pertanian

Universitas Diponegoro

Jalan Prof. Soedharto Kampus Tembalang, Semarang

Telp/ Fax. (024) 7474750, Email: isaa_undip@gmail.com

Website: www.fp.undip.ac.id/isaa

Isi Prosiding dapat disitasi dengan menyebutkan sumbernya

Penyunting : Sutaryo, Fauziyah Mastuti dan Silvia Nur Safaah

**Prosiding dari Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Program Pascasarjana 2015
Penelitian Berkualitas untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa Menghadapi
Masyarakat Ekonomi ASEAN
Diselenggarakan di Semarang, 25 November 2015**

ISBN : 978-602-72086-1-2

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL HASIL-HASIL PENELITIAN PROGRAM
PASCASARJANA 2015 “PENELITIAN BERKUALITAS UNTUK MENINGKATKAN
DAYA SAING BANGSA MENGHADAPI MASYARAKAT EKONOMI ASEAN”**

**HAK CIPTA 2016, PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
Jl. Imam Bardjo, SH No. 5 Semarang 50241
Telp. : (024) 8318856, 8318694
Fax : (024) 8318856
E-mail: pasca@undip.ac.id**

Isi Prosiding dapat disitasi dengan menyebutkan sumbernya

Penyunting : Sutaryo, Fauziyah Mastuti dan Silvia Nur Safaah

**Prosiding dari Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Program Pascasarjana 2015
Penelitian Berkualitas untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa Menghadapi
Masyarakat Ekonomi ASEAN
Diselenggarakan di Semarang, 25 November 2015**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur disampaikan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat, taufiq dan rahmat-Nya, sehingga penyusunan prosiding seminar dengan tema : “Penelitian Berkualitas untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa Menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN” dapat diselesaikan dengan baik. Untuk dapat bersaing ditingkat global peningkatan daya saing bangsa merupakan langkah yang sudah tidak dapat ditawar lagi. Mengingat saat ini hampir bisa dikatakan tidak ada lagi sekat pembatas antar negara di belahan bumi manapun. Hanya negara dengan daya saing yang kuatlah yang pada akhirnya dapat memenangkan kompetisi tersebut yang pada gilirannya dapat meningkatkan taraf hidup bangsa tersebut.

Prosiding seminar ini memuat makalah dari hasil kegiatan seminar yang telah diselenggarakan pada tanggal 25 November 2015, oleh Program Pascasarjana UNDIP. Adapun makalah yang dimaksud merupakan makalah dari Pemakalah Utama yang terdiri dari Direktur Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kemenristek Dikti, Peneliti dan Staf Pengajar FMIPA UGM serta dari Direktur Program Pascasarjana Undip. Sedangkan untuk makalah pendamping berasal dari peneliti dan staf pengajar perguruan tinggi baik negeri maupun swasta, instansi pemerintah dan stakeholder lainnya. Makalah dari peserta seminar yang termuat dalam prosiding ini dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok/tema seminar yaitu : 1) Teknologi (kimia, mesin dan teknologi informasi), 2) Sosial Humaniora dan Lingkungan dan 3) Science (Pertanian, Kimia, Lingkungan dll).

Dengan telah selesainya pembuatan prosiding ini tim penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada berbagai pihak, dan berharap semoga sumbangsih karya ilmiah, pemikiran dan temuan hasil penelitian yang telah disampaikan dapat membawa kemajuan pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di negara kita. Dalam penyusunan prosiding ini tim sangat menyadari masih banyak kekurangan, untuk itu dengan segala kerendahan hati tim menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya, dan semoga Allah SWT Tuhan Yang Maha Kuasa, selalu membimbing kita semua.

Semarang, Maret 2016
Ketua Panitia,

Sutaryo, Ph.D

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
SAMBUTAN KETUA PANITIA	vii
PEMAKALAH UTAMA	1
HUMUS SINTETIS/PUPUK SROP SEBAGAI MESIN PENJERAP CARBON (MODELING ADSORPSI GLUKOSA) Agus Kuncaka	2
HILIRISASI DAN KOMERSIALISASI RISET Ocky Karna Radjasa	12
PENYIAPAN SDM YANG KOMPETEN DALAM MENGHADAPI MEA Purwanto	30
TOPIK 1. TEKNOLOGI (KIMIA, MESIN DAN TEKNOLOGI INFORMASI)	46
APLIKASI METODE GROUP TECHNOLOGY DALAM PERANCANGAN TATA LETAK (LAY OUT) PRODUKSI INDUSTRI KUNINGAN CV. SAESTU MAKARYO, JUWANA PATI Aji Prasetyaningrum, Yudhy Dharmawan, Bakti Jos dan A. Meidianto	47
OPTIMISASI PRODUKSI ASAM LAKTAT DARI LIMBAH BUAH PEPAYA DENGAN <i>LACTOBACILLUS PLANTARUM</i> SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN PLA Abdullah, Citrawati Nugraheni Minasti dan Bagus Muliajaya Lutfi	54
PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON AKTIF TERSULFONASI UNTUK HIDROLISIS BIOMASSA Didi Dwi Anggoro*, Heru Susanto, Silviana	63
HIDROLISA BIOETANOL DARI LIMBAH PISANG (BONGGOL PISANG) Luqman Buchori, Setia Budi Sasongko, Didi Dwi Anggoro dan Nita Aryanti	69
PENGERINGAN BATUBARA SUB-BITUMINUS DENGAN METODE UNGGUN FLUIDISASI Muhamad Januar Ashari dan Suherman	75
PRE-TREATMENT LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA TUMBUH MIKROALGA Hadiyanto, Suherman, Setia Budi Sasongko, Nur Azizah dan M.Nasyarudin Iqbal	80
KOMBINASI METODE AHP DAN PROMETHEE PADA SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN Ahmad Abdul Chamid dan Bayu Surarso	86
APLIKASI PEMBUATAN SASARAN KINERJA PEGAWAI (SKP) BAGI DOSEN MENGUNAKAN VISUAL BASIC APPLICATION (VBA) Jatmiko Endro Suseno	96
PENGEMBANGAN SISTEM PENGENAL TELAPAK TANGAN MENGGUNAKAN	102

METODE TAPIS GABOR 2-D DAN <i>LEARNING VECTOR QUANTIZATION (LVQ)</i> R. Rizal Isnanto	
SIMULASI KONTROL PID PADA MODEL <i>MOBILE INCUBATOR</i> MENGGUNAKAN SIMULINK BERBASIS MUKROKONTROLER ARDUINO Munadi, Hari Peni Julianti, M. Amirullah Akbar, R. Andhika Pandu	111
TOPIK 2. SOSIAL HUMANIORA DAN LINGKUNGAN	117
IDENTIFIKASI PRIORITAS UNSUR PELAYANAN PUBLIK BERBASIS <i>COMPUTATIONAL INTELLIGENCE</i> Retno Kusumaningrum, Kriswara Citra	118
PENGAWASAN PEMERINTAH DAERAH TERHADAP PENCEMARAN LIMBAH INDUSTRI BATIK DI KOTA PEKALONGAN PADA TAHUN 2010-2014 Iys Syabilla Rusda, Purwoko dan Nunik Retno H	125
KEBIJAKAN PERLINDUNGAN HUKUM TERHADAP ANAK SEBAGAI KORBAN TINDAK PIDANA KESUSILAAN BERBASIS NILAI KEADILAN Sri Endah Wahyuningsih	131
ESTIMASI BIAYA EKSTERNAL PADA PELAKSANAAN PERKERASAN JALAN CAMPURAN ASPAL PANAS Sudarno dan M.Qommarudin	137
KEARIFAN LINGKUNGAN SEDULUR SIKEP (SAMIN) TERHADAP AIR DI KAWASAN BENTANG ALAM KARST SUKOLILO, KECAMATAN SUKOLILO, KABUPATEN PATI Endrat Mojo, Sudharto P.Hadi dan Hartuti Purnaweni	148
DAMPAK PENCEMARAN PERAIRAN TERHADAP KUALITAS AIR DAN STRUKTUR KOMUNITAS MAKROBENTHOS DI MUARA SUNGAI TAPAK DAN KARANGANYAR, SEMARANG Muh. Yusuf, Bambang Yulianto dan Dwi P Sasongko.....	158
ANALISIS PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP ALIRAN AIR PERMUKAAN (RUNOOF) PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) LUSI KABUPATEN GROBOGAN JAWA TENGAH S. Sunanto, P Purwanto dan W.A Soentoro	167
PENGARUH TERAPI SUPORTIF-SUGESTIF TERHADAP PENURUNAN KECEMASAN PADA PASIEN GANGGUAN SENSORI PERSEPSI (HALUSINASI) Taryatmo	175
ANALISIS KEANEGARAMAN DIATOM EPIPELIK PADA EKOSISTEM MAGROVE MUARA BANJIR KANAL TIMUR SEMARANG Hernur Yoga Priyambodo, Tri Retnaningsih Soeprobowati dan Sri Widodo Agung Suedy	182
TOPIK 3. SCIENCE (PETERNAKAN, KIMIA, LINGKUNGAN DLL)	191

PEMANFAATAN ENERGI PAKAN PADA DOMBA LOKAL JANTAN YANG DIBERI PAKAN JERAMI PADI YANG DIPERAM MENGGUNAKAN UREA DAN URIN Kabib Efendi, C.M. Sri Lestari dan Agung Purnomoadi	192
ESTIMASI KEBUTUHAN TOTAL DIGESTIBLE NUTRIEN PADA SAPI MADURA Malikah Umar, B. Kurnadi, E. Rianto, E. Pangestu dan A. Purnomoadi	197
PRODUKSI METHAN DARI FESES SAPI MADURA AKIBAT PEMBERIAN PAKAN DENGAN JUMLAH YANG BERBEDA DAN UPAYA UNTUK MENINGKATKANNYA Sutaryo ^{1*} , K.S. Dhia, M. R. Maulida, N. Krisdianty , H. Purnaweni ³ dan A. Purnomoadi	204
AUDIT LINGKUNGAN INDUSTRI: STUDI KASUS INDUSTRI JAMU PT SIDOMUNCUL KABUPATEN SEMARANG Azis Nur Bambang dan Henna Rya Sunoko	210
KEMAMPUAN PROTEIN DARI TEPUNG IKAN, DAUN LAMTORO DAN AMPAS TAHU DALAM MENGIKAT MINERAL ZINC Prastiwi W.D. dan A. Muktiani	217
PENGARUH PEMBERIAN COMPLETE FEED KERING YANG BERBEDA KUALITAS DAN SUPLEMENTASI MINERAL ORGANIK TERHADAP PERTUMBUHAN ANAK KAMBING BETINA LEPAS SAPIH Muktiani, A. dan E. Kusumanti	222
PENGARUH METODE PEMBERIAN DAN SUMBER PROTEIN PAKAN BERBEDA TERHADAP KONSUMSI SERTA PRODUKSI PROTEIN SUSU PADA KAMBING PERANAKAN ETTAWA H. S. Widodo, Sudjatmogo, A. Muktiani dan T.H. Suprayogi	227
KAJIAN HUBUNGAN TEKSTUR DAN HARA SEDIMEN SERTA PERAIRAN TERHADAP PRODUKSI RUMPUT LAUT <i>Gracillaria verrucosa</i> DI TAMBAK DESA RANDUSANGA KULON, KECAMATAN BREBES. Iskandar Agung	233
PENGARUH PENGERINGAN DENGAN METODE <i>MIXED ADSORPTION DRYING</i> TERHADAP KANDUNGAN PROTEIN DAN LEMAK DALAM JAGUNG Noer Abyor Handayani, Luqman Buchori dan Aprilina Purbasari	243
PEMANFAATAN UMBI GADUNG (<i>Dioscorea hispida</i>) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIOETANOL GRADE BAHAN BAKAR MELALUI PROSES DESTILSI DAN ADSORBSI Hargono*, Kristinah Haryani, Hantoro Satriadi dan Aprilina Purbasari	250
PEMANFAATAN LIMBAH TAHU SEBAGAI MEDIA TUMBUH MIKROALGA Hadiyanto, Setia Budi Sasongko, Danny Soetrisnanto, Tirna Adhika Rahmat, Rosa Delima Dias W.S, Nur Azizah dan M.Nasyarudin Iqbal	256
KAJIAN EKSPERIMEN DAN PEMODELAN PENGERING DAUN WASABI DALAM PENGERING RAK DENGAN PEMANAS GAS Didik Iswadi dan Suherman	265

SAMBUTAN

Ketua Panitia Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Program Pascasarjana Penelitian Berkualitas untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa Menghadapi Masyarakat Ekonomi Asean

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Selamat pagi, Salam sejahtera bagi kita semua

Kapada Yth.

- Rektor Universitas Diponegoro, Bapak Prof. Dr. Yos Johan Utama, SH., MHum
- Direktur program pascasarjana Undip, Bapak Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA
- Para Pembicara Utama yang telah bersedia memberikan sumbangan pemikiran dan pandangannya untuk kemajuan penelitian
- Para tamu undangan, ketua program studi pascasarjana dilingkungan Undip, para pemakalah dan peserta seminar, staf pengajar, mahasiswa dan seluruh hadirin yang kami hormati.

Pertama-tama marilah kita senantiasa memanjatkan puji syukur ke hadirat Alloh SWT, Tuhan Yang Maha Kuasa, atas semua limpahan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga pada pagi hari dan kesempatan yang baik ini kita dapat bersilaturahmi, berbagi pemikiran, pandangan dan pengalaman dalam forum seminar nasional hasil-hasil penelitian Program Pascasarjana dengan tema “Penelitian Berkualitas untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa Menghadapi Masyarakat Ekonomi Asean” yang diselenggarakan oleh Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Hadirin dan seluruh peserta seminar yang kami hormati

Penyenggaraan seminar ini dimaksudkan untuk menghimpun dan menyebarluaskan informasi IPTEK inovatif dalam rangka menunjang pembangunan bangsa, sebagai media diseminasi dan pertukaran informasi hasil-hasil penelitian khususnya bagi mahasiswa pascasarjana dan para peneliti pada umumnya dan berperan serta dalam membangun jejaring informasi antara perguruan tinggi, lembaga penelitian, eksekutif dan legislatif.

Hadirin dan seluruh peserta seminar yang kami hormati

Tema seminar nasional ini adalah Penelitian Berkualitas untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa Menghadapi Masyarakat Ekonomi Asean. Menurut laporan dari *World Economic Forum* yang merilis *Global Competitiveness Report 2015-2016* menunjukkan bahwa, dari 140 negara indeks daya saing global Indonesia berada pada posisi ke-37. Di kawasan ASEAN peringkat Indonesia masih di bawah Singapura yang berada pada posisi dua, Malaysia dengan peringkat 18 dan Thailand yang berada di peringkat 32. Perguruan tinggi mempunyai peranan yang sangat

strategis utamanya dalam mempersiapkan sumber daya manusia yang berkualitas untuk terus meningkatkan daya saing bangsa mengingat beberapa aspek untuk menciptakan daya saing bangsa yang kuat diantaranya meliputi kesehatan dan pendidikan dasar, pendidikan tingkat atas dan pelatihan, kesiapan teknologi dan inovasi. Seiring dengan perkembangan peradaban, saat ini di era globalisasi dikenal adanya sebuah paradigma baru yaitu Paradigma Tekno-Ekonomi, yang meyakini bahwa teknologi merupakan kontributor yang signifikan dalam peningkatan kualitas hidup suatu bangsa. Implikasi dari paradigma ini yaitu terjadinya pergeseran perekonomian dunia yang semula berbasiskan pada sumber daya ekonomi menuju perekonomian yang berbasiskan pengetahuan (*Knowledge Based Economy/KBE*), dan teknologi merupakan kunci dari tercapainya KBE. Kekuatan dan keberhasilan sebuah negara akan sangat ditentukan oleh kemampuan IPTEK yang merupakan faktor utama ekonomi yang telah menggantikan modal, lahan dan energi untuk peningkatan daya saing. Penguasaan IPTEK akan menciptakan iklim inovasi sebagai landasan dan mengilhami tumbuhnya kreativitas sumber daya manusia, yang pada gilirannya dapat menjadi sumber pertumbuhan dan daya saing ekonomi. Dengan kata lain iptek merupakan kunci bagi sebuah negara untuk mampu memenangkan persaingan dan menjadi negara memiliki nilai tambah dan daya saing yang kuat (DIKTI, 2015).

Hadirin dan seluruh peserta seminar yang kami hormati

Pada kesempatan ini kami sampaikan bahwa seminar ini diikuti kurang lebih 100 peserta dengan rincian : presentasi oral sebanyak 45 makalah, presentasi poster sebanyak 15 makalah dan sisanya merupakan peserta seminar. Seminar ini merupakan langkah rintisan sebagai salah satu bentuk pertanggungjawaban para peneliti untuk mendiseminasikan hasil-hasil penelitian mereka dan akan ditindaklanjuti dengan penulisan makalah lengkap untuk bisa dipublikasikan pada jurnal nasional terakreditasi maupun jurnal internasional. Pada kesempatan ini pula selaku panitia menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pembicara utama dan seluruh pemakalah atas partisipasinya. Penyelenggaraan seminar ini dapat terlaksana atas bantuan dan kerja keras seluruh panitia serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya. Kami menyadari bahwa penyelenggaraan seminar ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu atas segala khilaf dan kekurangan tersebut kami mengucapkan permohonan maaf yang sebesar-besarnya. Semoga seminar ini mendatangkan manfaat untuk kita semua, kemajuan penelitian dan ilmu pengetahuan. Selamat berseminar, sekian terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Ketua,

Sutaryo, S.Pt., M.P., Ph.D

PEMAKALAH UTAMA

Humus Sintetis/Pupuk Srop sebagai Mesin Penjerap Carbon (Modeling Adsorpsi Glukosa)

Agus Kuncaka

Departemen Kimia, FMIPA-UGM, disampaikan pada seminar hasil
penelitian Program Pascasarjana UNDIP

INTISARI

Telah dilakukan sintesis humus sintesis/pupuk *Slow Release Organic Paramagnetic* (SROP) yang mampu memutus rantai karbon (No pendaftaran Paten P00201401530). Aplikasi humus sintesis pada lahan pertanian dapat menaikkan produksi padi dan kentang secara signifikan (Kompas, 2 April 2015, Kedaulatan Rakyat, Pikiran Rakyat dll). Selain itu humus sintesis mampu sebagai mesin penjerap carbon yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 18,6 metrik ton CO₂-ekivalen/ha, mencegah mineralisasi biomassa sebesar 43,94 metrik ton CO₂-ekuivalen/ha melalui kenaikan bahan organik tanah, dan meningkatkan penyerapan CO₂-ekivalen sebesar 6,61 metrik ton CO₂-ekuivalen/ha melalui fotosintesis. Studi adsorpsi glukosa pada humin sintesis menunjukkan adanya fenomena adsorpsi yang kuat dan fenomena desorpsi tidak teramati pada kondisi percobaan (*accepted di Asian Journal of Chemistry*).

Kata kunci: humus sintesis, pupuk SROP, adsorpsi, glukosa.

A. LATAR BELAKANG MASALAH

1. Kondisi Ketahanan Pangan Indonesia Dalam Ambang Batas Krisis Pangan

Penduduk Indonesia pada tahun ini 2015 berjumlah lebih dari 250 juta dan diperkirakan tahun 2050 berjumlah lebih dari 313 juta dengan laju pertumbuhan penduduk sekitar 1,49% per tahun (Anonim, 2010) jauh lebih besar bila dibanding dengan tingkat kenaikan produktivitas pangan yang jauh dibawah 1%. Pada tahun 2050, dengan demikian Indonesia harus menambah pasokan pangan sebesar 20% dari tahun 2015 ini. Sayangnya kekurangan pasokan pangan kita di lima tahun terakhir ini masih harus dipenuhi melalui impor pangan yang pertahunnya bernilai di atas 10 milyar dolar Amerika. Impor pangan ini terjadi akibat tanah pertanian yang sebagian besar sudah *leveling-off*/sakit karena kekurangan humus. Kadar Humus tanah pertanian Indonesia sekarang ini kurang dari 2% dari idealnya minimal 4%, dengan kondisi tanah seperti ini, efisiensi pemupukan sekarang ini hanya 20%. Selama 3 dekade lebih hingga sekarang ini, usaha menaikkan kadar humus tidak bisa diatasi,

sehingga produktivitas pangan semakin turun dari tahun ke tahun. Penurunan Humus 1% akan mengurangi Produk Domestic Product (PDB) sekitar 7%, sehingga sekarang ini Indonesia kehilangan PDB >14% setiap tahunnya.

2. Cengkeraman sistemik WTO

Petani di Indonesia dengan kesepakatan WTO hanya boleh disubsidi sebesar 10%, sementara petani di negara maju dengan berbagai paket bantuan yang licik dan sistemik dari pemerintahnya, kalau ditotal, mendapatkan subsidi sampai 50%. Komoditas pertanian bagi mereka sudah dijadikan alat politik dengan cara menjual komoditas pertaniannya di bawah harga komoditas pertanian internasional (politik dumping). Dengan kondisi ini petani gurem Indonesia dihadapkan dengan korporasi Internasional yang tidak mungkin dihadapi dengan pendekatan kebijakan ekonomi semata. Dalam kondisi ini jelas pertanian Indonesia akan runtuh, terbukti dulu kita sbg pengekspor gula nomor satu di dunia, sekarang menjadi pengimpor gula nomor satu di dunia. Demikian pula terjadi pada komoditas pertanian lainnya sehingga pada tahun 2014 impor pangan kita bernilai lebih dari 10 milyar US \$. Untuk itu perlu terobosan molekular, teknik dan lingkungan untuk menghadapi globalisasi komoditas pertanian yang menyeramkan ini.

3. Sektor Pertanian sebagai sumber kemiskinan

Kontribusi sektor pertanian pasca reformasi terhadap PDB hanya 14% dari 31% total tenaga kerja. Bila dibandingkan dengan sektor manufaktur sangat jauh tertinggal. Sektor manufaktur mampu menyumbang PDB sebesar 23% dari 13% total tenaga kerja. Untuk itulah sektor pertanian dianggap sebagai sumber kemiskinan. Karena sektor pertanian dianggap tidak menjanjikan maka fenomena yang menyedihkan telah menimpa bangsa ini, yaitu sekarang sektor ini mulai ditinggalkan petani usia produktif. Hal ini semakin mengarahkan kondisi penurunan kemampuan pasokan pangan nasional sehingga ketahanan pangan akan semakin tergantung pada impor pangan, harga pangan akan semakin naik maka fenomena ini sebagai pertanda bahwa kita betul-betul menuju ke arah krisis pangan (Kuncaka 2013).

4. Humus Sintetis/Pupuk SROP

Akibat kesalahan konsep tentang humus maka ketahanan pangan nasional dalam keadaan kritis. Kesalahan pemakaian konsep humus tradisional, yang menyatakan bahwa humus sebagai makromolekul telah menghasilkan kerusakan lingkungan dan penurunan kapasitas tanah yang luar biasa. Secara tradisional humus terbentuk dari dekomposisi

tumbuhan atau hewan secara mikrobiologi, kemudian diikuti proses humifikasi menjadi makromolekul humus. Bahan Organik Tanah (BOT) di dalam tanah idealnya minimal 5% dan kandungan humusnya sekitar 70-80% dari total BOT (Smejkalova dan Picollo, 2008). Walaupun sudah banyak dilakukan penelitian untuk mengembalikan kandungan humus tanah dan menaikkan kandungan BOT dengan cepat namun karena kesalahan konsep humus maka sampai sekarang kadar humus belum bisa dinaikkan (Sodhi dkk, 2008; D'Hose dkk, 2013; Angin dkk, 2013; Fan dkk, 2014). Pembentukan humus lebih lambat dari pada perusakan humus.

Konsep modern tentang humus adalah bahwa humus bukan makromolekul tetapi supramolekul. Hasil analisis tanah dengan kandungan biochar yang melimpah dan stabil yaitu tanah Terra Pretta de Indio (TPI) di kawasan Amazon, Brazil. TPI merupakan tanah subur dan kaya akan karbon yang membuat TPI memiliki stabilitas tinggi terhadap mineralisasi sehingga senyawa organik di tanah ini resisten terhadap mikrobiologi dan tahan lama (Lehmann, 2009). Hasil analisis NMR C^{13} TPI yang menunjukkan kemiripan struktur TPI dengan humus alamiah, sehingga TPI bisa dikatakan sebagai humus sintetis (Novotny dkk, 2009). Penelitian lain terhadap struktur humus menunjukkan bahwa komposisi humus kaya akan kandungan C organik, terdiri dari spesi rantai panjang alifatik (termasuk asam lemak, lilin, lipid, dan material *cuticular*), karbohidrat, peptida/protein, derivat lignin dan lipoprotein (Hayes dkk, 2010). Semua komponen tersebut membentuk supramolekul dengan adanya ikatan hidrogen, interaksi van der Waals dan interaksi antarmolekul lain yang terjadi dalam tanah (Piccolo, 2002). Dengan memadukan konsep Hayes dan konsep TPI maka humus sintetis/Pupuk SROP dibuat untuk mengatasi *leveling of* tanah pertanian/perkebunan tanah air.

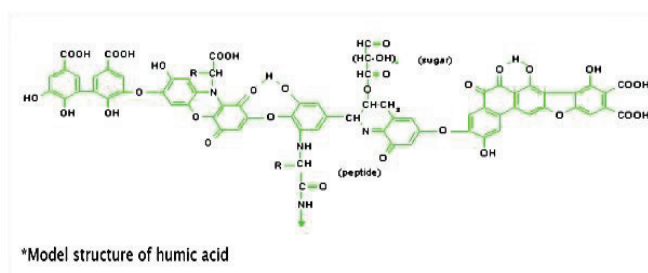
B. Metode eksperimen

Pembuatan humus sintetis/pupuk SROP dilakukan sesuai dengan metode yang ada pada paten no P00201401530. Humin diambil dari humus sintetis dengan metode IHSS.

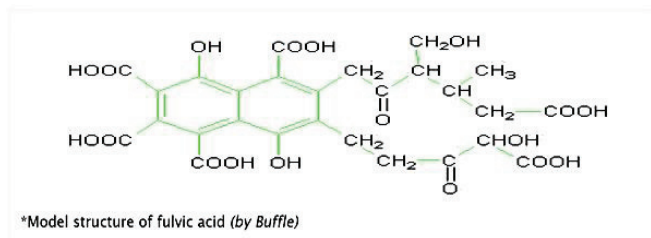
C. Diskusi

Secara tradisional, humus berasal dari proses transformasi residu tanaman, hewan dan organisme baik secara biologi maupun secara kimia dan hasil transformasi biologi/kimia tersebut sudah tidak lagi mempunyai kemiripan apapun terhadap bahan asal. Semua bahan organik tanah (BOT) yang terhumuskan tersebut harus sudah tidak lagi mengandung

senyawa biologi seperti karbohidrat, protein, lemak dan lignin. Humus mengandung 3 jenis senyawa penyusun humus yaitu humin (Hu) yang tidak larut dalam berbagai harga pH, asam humat (AH) yang larut pada pH 1 sd 14 dan asam fulvat (AF) yang larut dalam air di semua harga pH. Pada konsep tradisional humin, AH (gambar 1) dan AF (gambar 1) masing-masing merupakan suatu senyawa makromolekul yang terbentuk dengan ikatan kovalen.

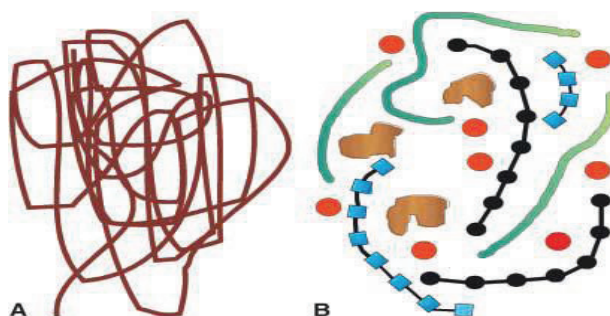


Gambar 1a. Model Struktur Asam Humat



Gambar 1b. Model Struktur Asam Fulvat

Hasil analisis elusidasi struktur terhadap humus di dunia menyimpulkan bahwa struktur makromolekul yang dihipotetiskan Stevenson adalah salah, hal ini telah mengubah konsep klasik terhadap Humin, AH dan AF yang semula sebagai makromolekul bergeser menjadi supramolekul, yang terbentuk melalui assosisasi molekul. Molekul biologi (terutama karbohidrat, protein dan lemak) yang semula bukan penyusun humus, dalam analisis semua jenis humus selalu terdeteksi keberadaannya, sehingga sekarang termasuk sebagai komponen penyusun humus seperti terlihat **Gambar 2**.



Gambar2. Konsep Humus Tradisional dan Konsep Humus Supramolekul

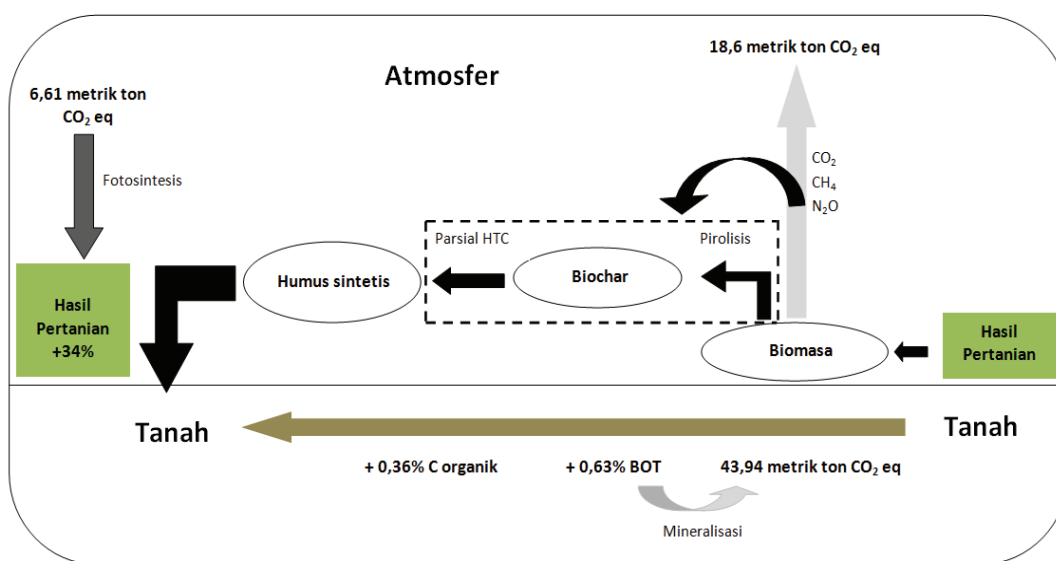
- A. Penggambaran konsep tradisional zat humat (HS) sebagai makromolekul secara acak melingkar-lingkar [tidak bisa disintetis].
- B. Konsep baru yang (telah disintetis oleh suku indian) mengindikasikan komponen utama zat humat tanah merupakan suatu supramolekul atau asosiasi molekul dengan berat yang lebih rendah (< 2.000 Da) mengandung logam untuk membentuk agregat. Bentuk bulat merupakan kation logam, bentuk bulat terhubung (rantai bulat) adalah polisakarida, rantai kotak polipeptida, garis bergelombang merupakan rantai alifatik, bentuk tidak teratur merupakan fragmen lignin aromatik (Hayes, 2010).
- C. Berdasarkan konsep humus modern maka telah disintesis humus supramolekul dengan membuat inang yang tersusun dari derivat lignin dan hidroxy metil furfural (HMF), seperti terlihat pada gambar 4, yang menghasilkan struktur humus sintetis/pupuk SROP (Gambar 5) .

Gambar 3. Ilustrasi struktur hipotetik humus sintetis/pupuk SROP.

Aplikasi humus sintetis di bidang pertanian sudah dilakukan ke beberapa tanaman pangan seperti padi, kentang, cabai, dan tanaman hortikultura lainnya. Tanaman kentang dengan penggunaan rata-rata 7-10 ton humus sintetis per hektar tanah dapat menghasilkan kembali kentang sebanyak 30 ton per hektar. Hasil ini dua kali lipat dari penggunaan pupuk kandang sebesar 16-20 ton per hektar yang hanya menghasilkan panen sebanyak 15 ton kentang per hektar. Produksi yang melimpah ini juga diikuti

dengan meningkatnya kadar humus sebesar 0,72% (C organik dalam tanah sebesar 0,36%).

Estimasi perhitungan skema penjerapan karbon oleh humus sintetis disajikan pada gambar 5. Pada gambar 5 tersebut ditunjukkan bahwa hasil perhitungan penggunaan tanaman padi dapat menyerap 6,61 metrik ton CO₂ ekuivalen/ha dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 18,6 metrik ton CO₂-ekivalen/ha, mencegah mineralisasi biomassa sebesar 43,94 metrik ton CO₂-ekuivalen/ha melalui kenaikan bahan organik tanah, dan meningkatkan penyerapan CO₂-ekivalen.



Gambar 4. Gambaran mesin penjerapan karbon oleh humus sintetis (diambil dari skripsi Eka Jami F)

Hasil studi adsorpsi glukosa pada humin sintetis terlihat seperti pada tabel 1 dan tabel 2, yang menyatakan bahwa kinetika adsorpsi glukosa pada humin sintetis adalah mengikuti model pseudo order dua, dan mengikuti pola adsorpsi Freundlich. Tidak teramati desorpsi glukosa selama percobaan (diambil dari naskah journalaccepted di Asian Journal of Chemistry).

Table 1. Perbandingan model *pseudo-first* dan *pseudo-second* order untuk adsorpsi glucose pada humin sintetis

Kinetics model	Rate constant, k (10^{-4})	R^2	q_e (mg g^{-1})	$q_{e\text{experiment}}$
Pseudo first order of Lagergren	2.303 min⁻¹	0.5437	1.1872	4.814
Pseudo second order of Ho	3.3 mg g⁻¹ min⁻¹	0.9989	4.8804	

Table 2. Perbandingan model isoterm Langmuir dan Freundlich Isoterm untuk adsorpsi glucose humin sintetis

Langmuir				Freundlich	
q_0 (mg g ⁻¹)	b (L mg ⁻¹)	R^2	n	K_f (mg g ⁻¹) 1)	R^2
10.188	8.506 x 10⁻⁴	0.96087	0.870	4.78 x 10⁻³	0.99998

4

E. Kesimpulan

Levelling off tanah dapat diselesaikan dengan humus sintetis/pupuk SROP. Selain itu Humus Sintetis/pupuk SROP mampu menyerap karbon dan studi adsorpsi glukosa pada humin sintetis membuktikan bahwa humus sintetis dapat berperan sebagai humus.

F. Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada mahasiswa saya Eka Jami F dan Aulia Wahyuningtyas yang telah membantu mengungkap secara molekuler terhadap fungsi humus sintetis/ pupuk SROP sebagai penyerap carbon.

G. Daftar Pustaka

- Angin, I., Aksakal, E. L., Oztas, T., Hanay, A., 2013, Effects of Municipal Solid Waste Compost (Mswc) Application on Certain Physical Properties of Soils Subjected to Freeze-Thaw, *Soil Till Res.*, 130, 58-61.
- Anonim, 2010, Jumlah dan Distribusi Penduduk Indonesia , Badan Pusat Statistik

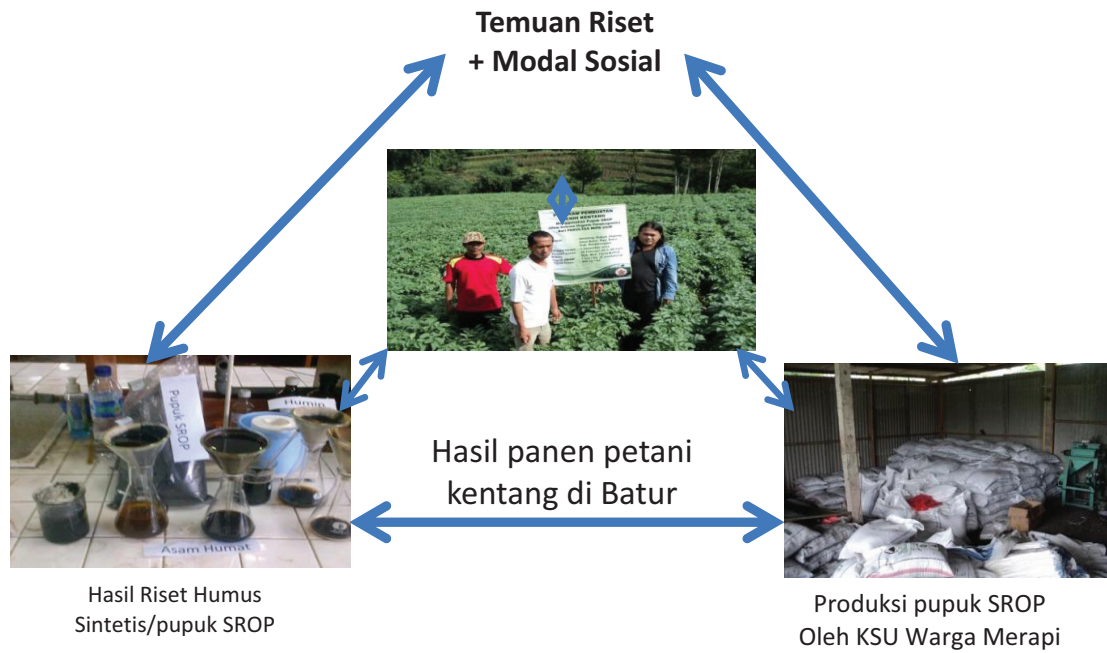
- Anonim, 2014, Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai (Angka Sementara Tahun 2013), *Berita Resmi Statistika*, Badan Pusat Statistik.
- Anonim, 2015, *Optimisme Swasembada Pangan dari Bandung*, Kompas, 2 April 2015
- Anonim, 2015, Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai (Angka Sementara Tahun 2014), *Berita Resmi Statistika*, Badan Pusat Statistik..
- D'Hose,T., Cougnon,M., Vlieghe, A.D., Vandecasteele, B., Viaene, N., Cornelis, W., Bockstaele, E.V., Reheul, D., 2012, The Positive Relationship Between Soil Quality and Crop Production, A Case Study on the Effect Of Farm Compost Application, *Appl. Soil Ecol.*, 75, 189-198.
- Fan, J., Ding, W., Xiang, J., Qin, S., Zhang, J., Ziadi, N., 2014, Carbon Sequestration in an Intensively Cultivated Sandy Loam Soil in The North China Plain as Affected by Compost and Inorganic, *Geoderma*, 230-231, 22-28.
- Hayes, M.H.B., Swift, R.S., Byrne, C.M., Song, G., dan Simpson, A.J., 2010, Humin: The Simplest of The Humic Fractions, *International Humic Substances Society (IHSS)*.
- Kuncaka, A., 2013, Slow Release Organic Paramagnetic (SROP) Fertilizer sebagai Model Humus Sintetis untuk Mengantarkan Terwujudnya Industri Pertanian Raksasa Nasional yang Berkelanjutan, *Pidato Dies Natalis Universitas Gadjah Mada ke-58 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada*, 19 Desember 2013, Yogyakarta.
- Lehmann, J., 2009, Terra Preta de Indio, *Encyc. of Soil Sci.*, 1, 1-4.
- Novotny, E. H., Hayes, M. H. B., Madari, B. E., Bonogamba, T. J., deAzevedo, E. R., deSouza, A. A., Song, G., Nogueira, C. M., Mangrich, A. S., 2009, Lesson from the *Terra Preta de Indios* of the Amazon Region for the Utilisation of Charcoal for Soil Amenment, *J. Braz. Chem. Soc.*, 20, 1003-1010.
- Piccolo, A., 2002, The Supramolecular Structure of Humic Substances: A Novel Understanding of Humus Chemistry and Implications in Soil Science, *Adv. Agro*, 75, 57-134.
- Smejkalova, D., Piccolo, A., 2008, Host-Guest Interactions between 2,4-Dichlorophenol and Humic Substances as Evaluated by ^1H NMR Relaxation and Diffusion Ordered Spectroscopy, *Environ. Sci. Technol.*, 42, 699– 706.

- Sodhi, G. P. S., Beri, V., Benbi, D. K., 2008, Soil Aggregation and Distribution of Carbon and Nitrogen in Different Fractions under Long-Term Application of Compost in Rice-Wheat System, *Soil Till. Res.*, 103, 412-418.
- Song, G., Novotny, E.H., Simpson, A.J., Clapp, C.E., dan Hayes, M.H.B., 2008, Sequential Exhaustive Extraction of a Mollisol Soil, and Characterizations of Humic Components, including Humin, by Solid and Solution State NMR, *Eur. J. Soil Sci.*, 59, 505-516.
- Sujatmiko, T., 2013, *Panen Berlipat dengan SROP*, Kedaulatan Rakyat Jogja, 11 April 2013.

I. Lampiran

Humus sintetis/pupuk SROP telah diproduksi oleh Koperasi Serba Usaha Karya Warga Merapi yang berbadan Hukum No.075/BH/XV.4/KAB.SLM/V/2011, didirikan tanggal 23 Mei 2011 dengan izin usaha No 034/SISP/XV.4/KAB.SLM/V/2011 dengan modal awal sebesar Rp 15.000.000. Koperasi ini telah menggunakan temuan teknologi memproduksi humus sintetis/pupuk SROP dengan kapasitas produksi 2 t per hari. Produksi dilakukan atas dasar pesanan dan telah dipercaya oleh pasar melayani pesanan sekitar 30 sd 55 t per bulan yang setara dengan 36 sd 65 juta rupiah per bulan. Tenaga tetap berjumlah 7 orang termasuk manajer Koperasi. Ongkos produksi setiap kg humus sintetis/pupuk SROP adalah 80% dari harga penjualan humus sintetis/pupuk SROP, sehingga keuntungan koperasi yang diperoleh per bulannya sekitar 20 juta rupiah.

Beberapa hasil kerjasama koperasi ini dengan perguruan tinggi (dalam hal ini dengan FMIPA UGM) aplikasi humus sintetis telah berhasil mengembalikan kesuburan tanah andisol di Batur Banjarnegara di pegunungan tinggi Dieng, dengan mengembalikan kapasitas produksi panen kentang menjadi 30 t/ha yang selama dekade terakhir ini hanya menghasilkan 15 t/ha, Demikian juga kerja sama dengan kelompok tani Donoharjo, Sleman berhasil menaikkan panen padi dari 5 t/ha menjadi 11,1 t/ha, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil simbiosis antara koperasi serba usaha karya warga merapi dengan FMIPA UGM dan petani



Hilirisasi dan Komersialisasi Riset

Ocky Karna Radjasa

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan

Kemenristek Dikti 2015



Why is it important for Indonesia ?



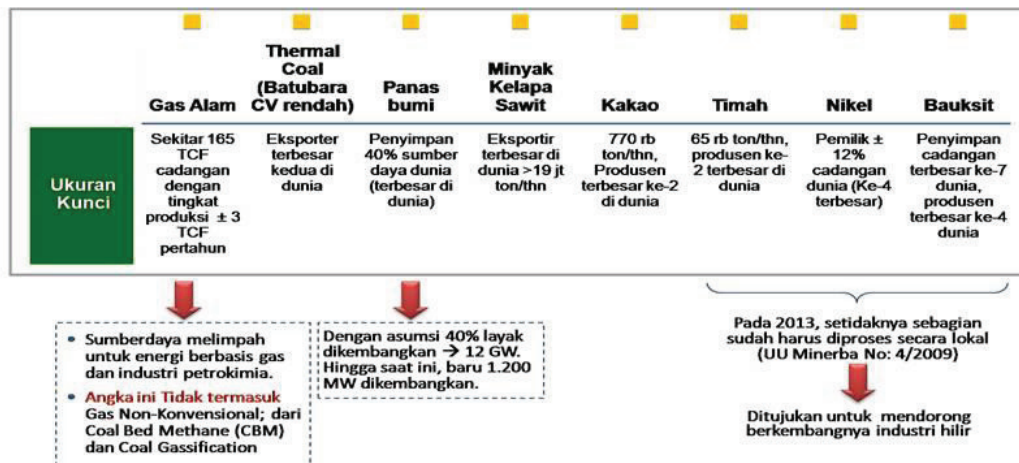
- Indonesia is a megadiversity country
- The world's largest archipelago (17508 islands)
- 14% of world's coral reefs, seagrasses, mangroves

Indonesia memiliki "kekayaan sumber daya alam"

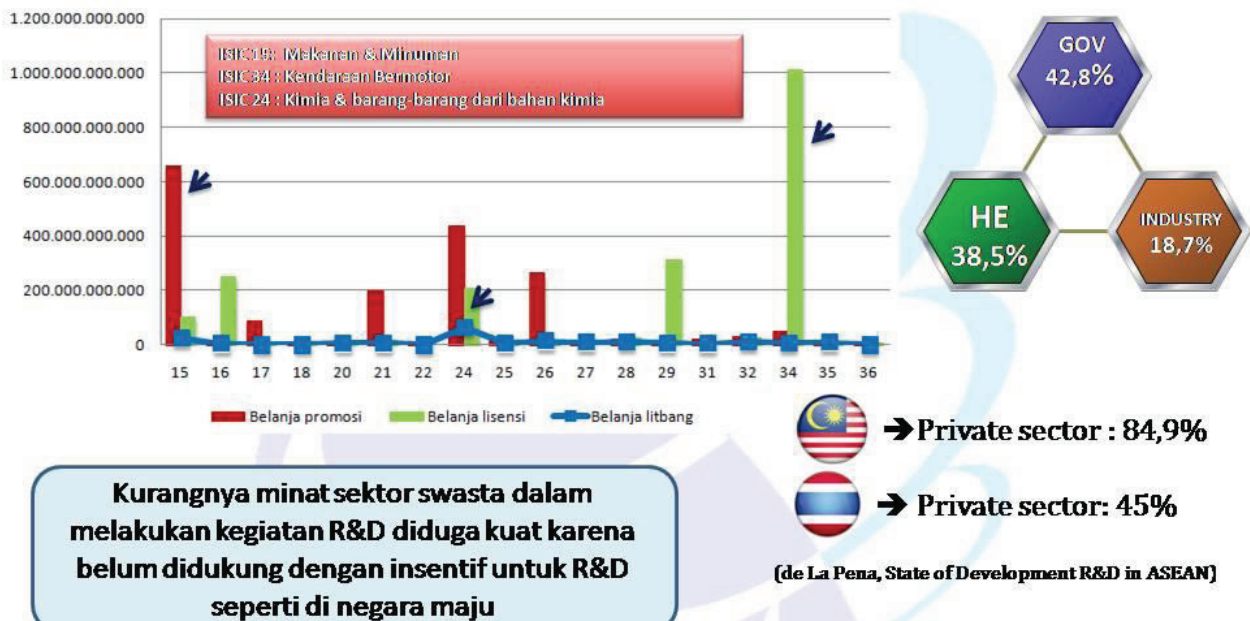
Indonesia adalah negara yang kaya dengan potensi sumber daya alam, baik yang terbarukan (hasil bumi) maupun yang tidak terbarukan (hasil tambang dan mineral). Kekayaan sumber daya alam tersebut tersebar dari Sabang sampai Merauke.

Indonesia menjadi salah satu produsen besar di dunia untuk berbagai komoditas. Beberapa diantaranya adalah: Cengkeh (produsen terbesar dunia), Kelapa Sawit (produsen dan eksportir terbesar dunia), Karet Alam (produsen terbesar kedua dunia), Kakao (produsen terbesar kedua dunia), dan bermacam2 hasil bumi lainnya.

Kekayaan sumber daya alam ini harus dapat dikelola seoptimal mungkin, dengan pengertian kecenderungan untuk mengekspor dalam bentuk bahan mentah harus diubah menjadi bahan olahan yang bernilai tambah jauh lebih tinggi.



Belanja R&D Pemerintah dan Swasta





Shift of paradigm

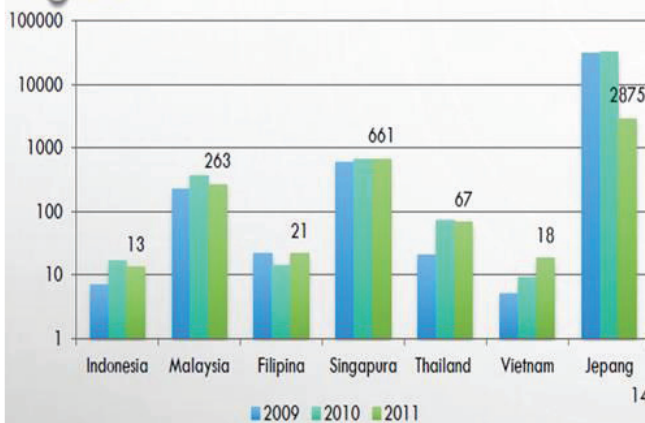
Natural resources-based economy



Research-based economy



PERBANDINGAN JUMLAH PATEN INTERNASIONAL

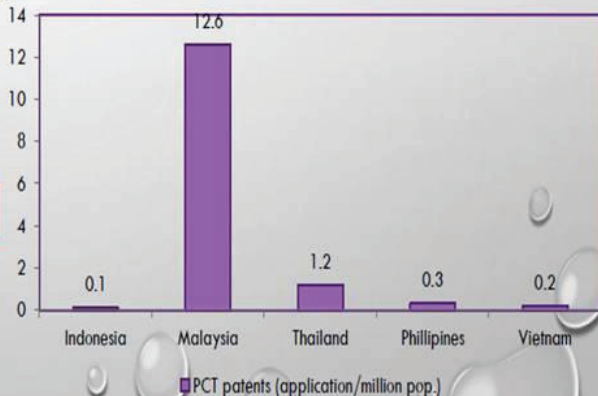


Jumlah paten internasional*

Aplikasi Paten per Satu Juta Penduduk**

Rasio aplikasi paten/satu juta penduduk di Indonesia masih sangat rendah di bandunkan denga negara ASEAN lain.

Country	RANK
Malaysia	32
Thailand	67
Phillipines	86
Vietnam	93
Indonesia	106

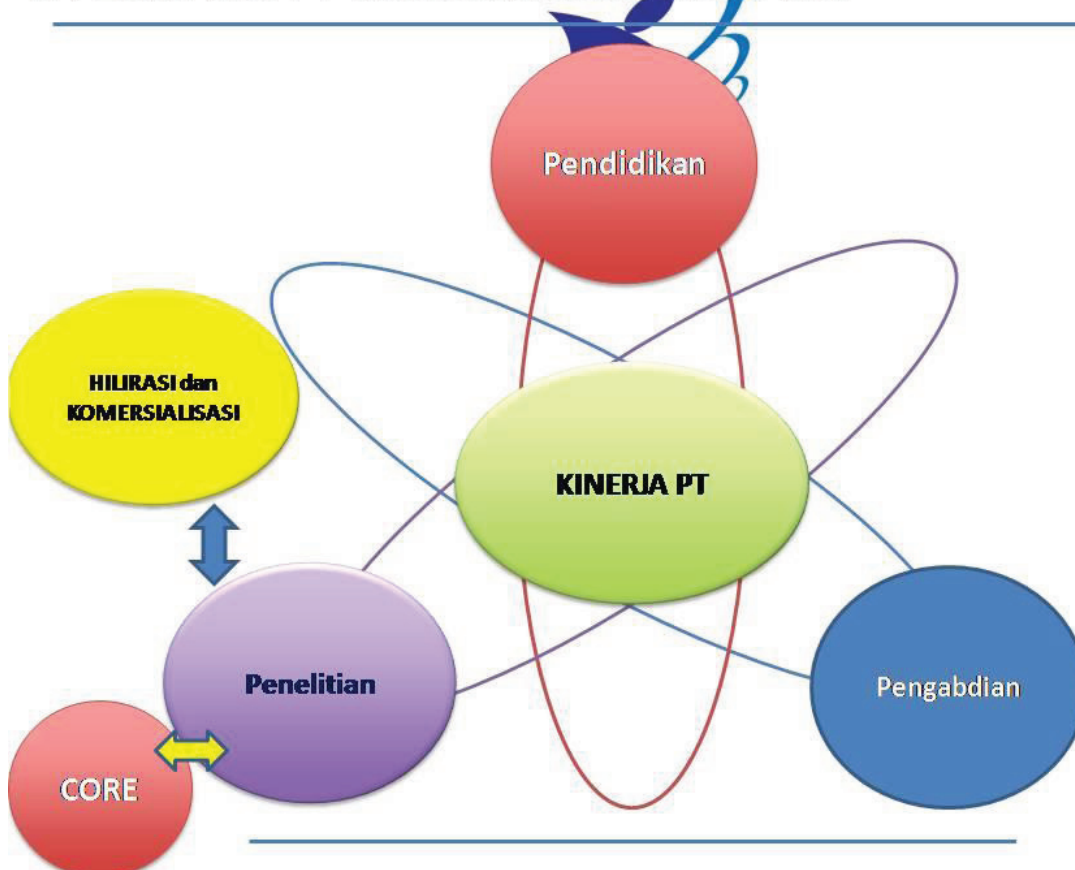


Sumber:

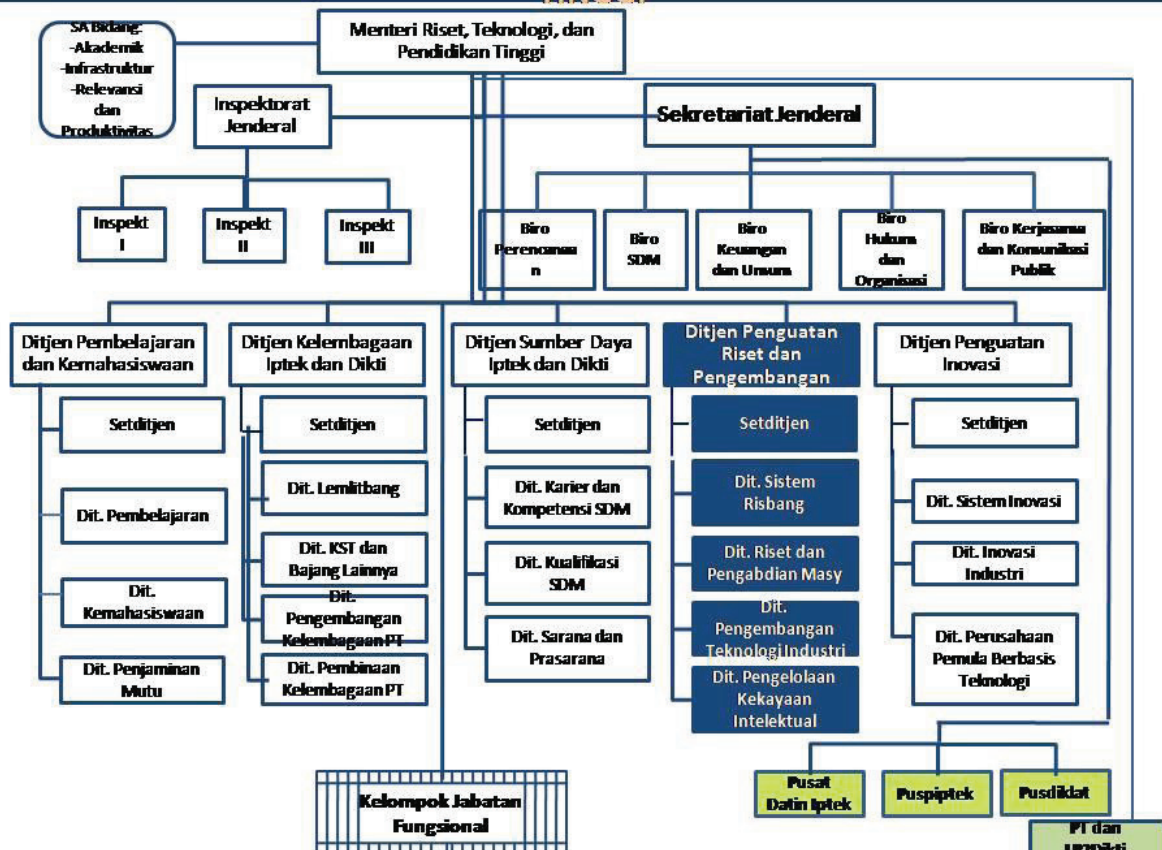
*Laporan Akuntabilitas Kinerja Kementerian Riset dan Teknologi TA 2013

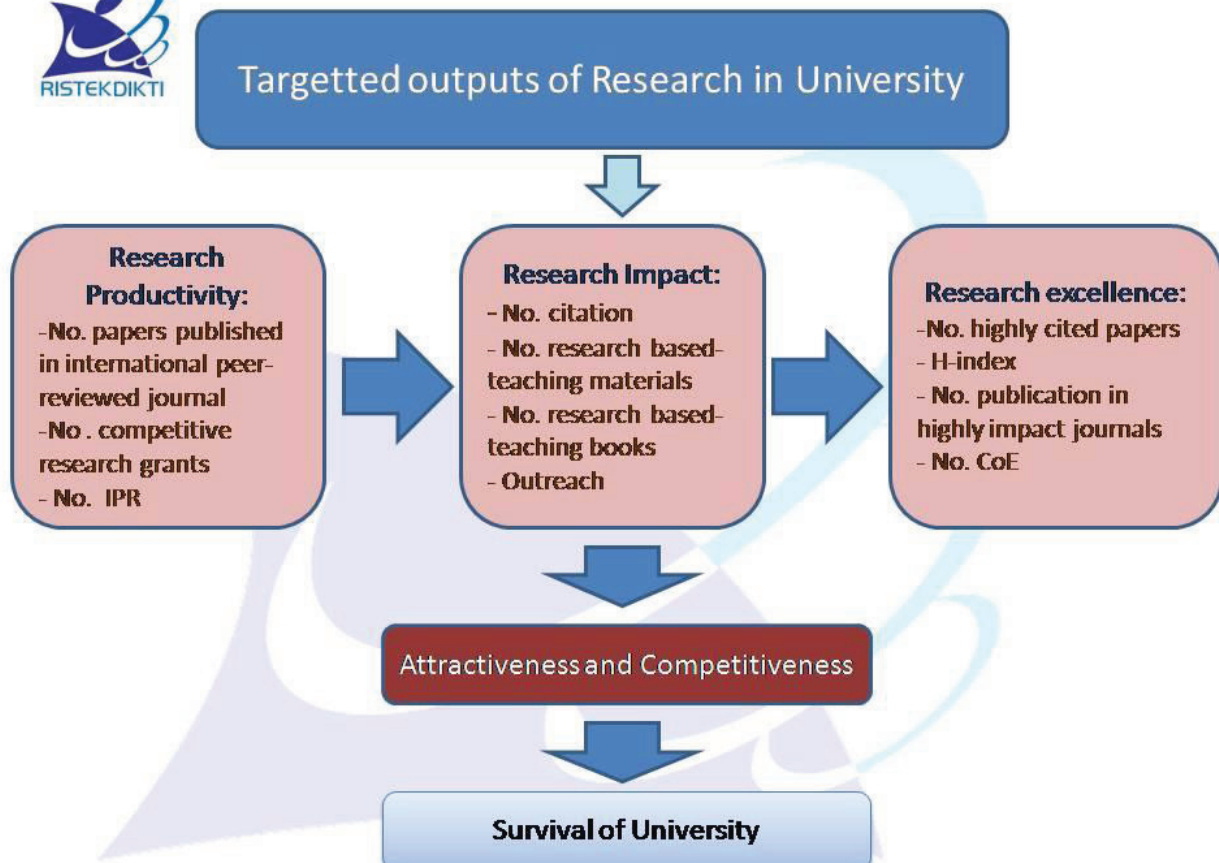
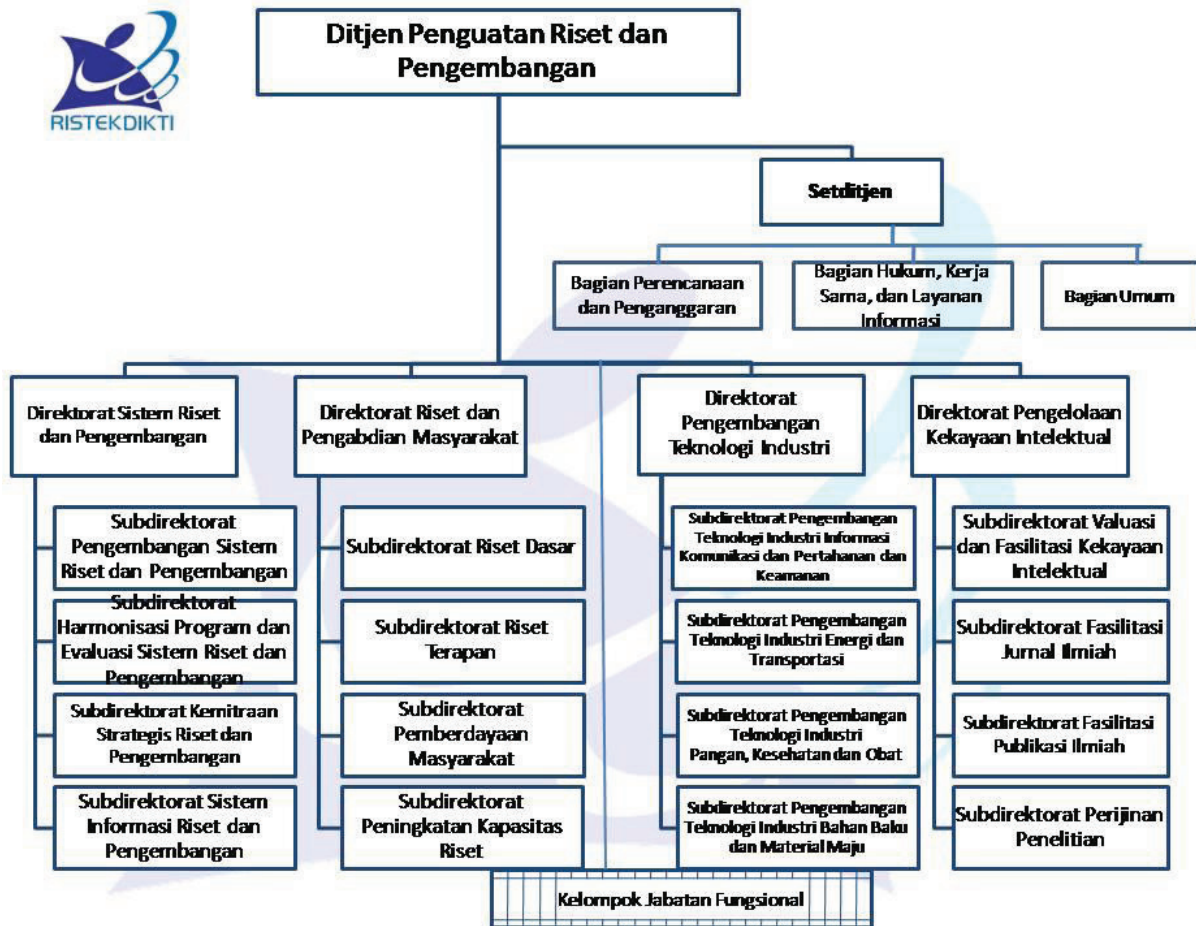
** Laporan World Economic Forum Tahun 2014

Tri Dharma PT dan Kemenristek Dikti



STRUKTUR ORGANISASI KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI





H-index

Library » [Research Guides](#) » Calculate Your Academic Footprint [Admin](#) [Sign In](#)

Calculate Your Academic Footprint

Tags: [calculate your academic footprint](#), [citation tracking](#), [research impact](#)

Overview
Author Profiles
Find Publications
Track Citations
Count Citations
Calculate Your h-index
Help & More

Calculate Your h-index [Print Page](#) Search: This Guide

h-index

- In 2005, physicist Jorge E. Hirsch developed the h-index as a process for quantifying the output of an individual researcher.
- Hirsch argues: "I propose the index h, defined as the number of papers with citation number $\leq h$, as a useful index to calculate the scientific output of a researcher" (2005).
- Note that the h-index is one of many available bibliometric measures.

Reference: Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(46), 16569-16572. doi:10.1073/pnas.0507655102

Key Tools

- Given [Scopus](#) and [Web of Science](#)'s citation-tracking functionality, they also calculate an individual's h-index based on content in a particular database.
- Likewise, Google Scholar collects citations and calculates an author's h-index via the [Google Scholar Citations Profile](#) feature.
- Note that each database may determine a different h-index for the same individual as the content in each database is unique and different.

Calculate Your h-index

- To manually calculate your h-index, organize articles in descending order, based on the number of times they have been cited (see below example).
- Web of Science, Scopus, and Google Scholar can also be used to calculate an h-index for that particular citation-tracking database.

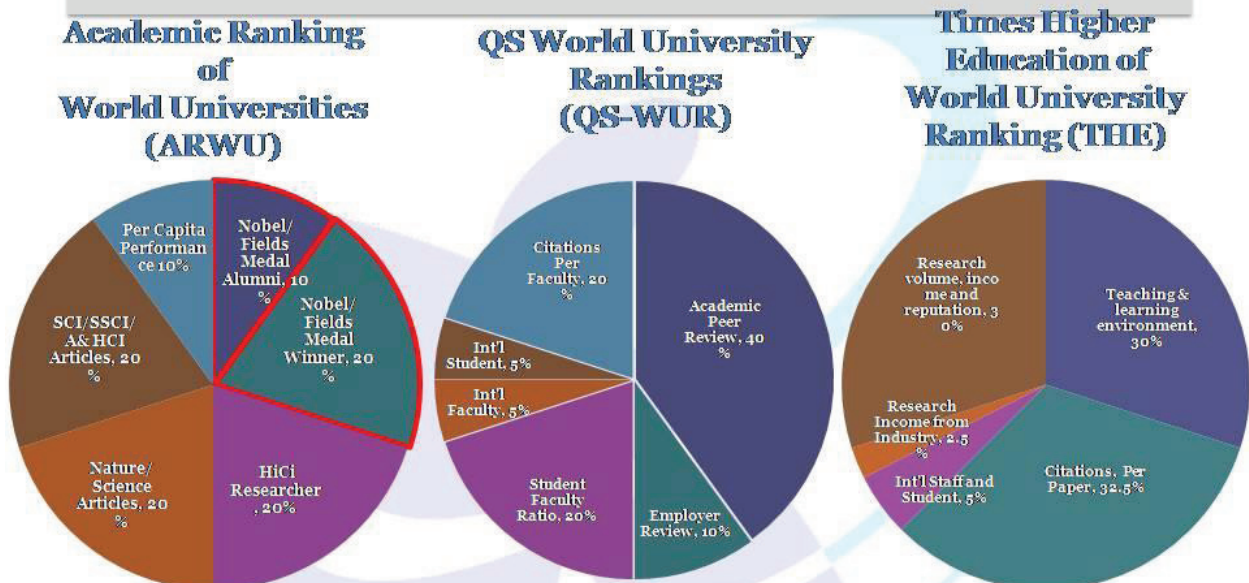
Interpreting

In the below example, an author has 8 papers that have been cited 33, 30, 20, 15, 7, 6, 5 and 4 times. This tells us that the author's h-index is 6.

Articles ^{no}	Citation numbers
1	33
2	30
3	20
4	15
5	7
6	6
7	5
8	4

= h-index

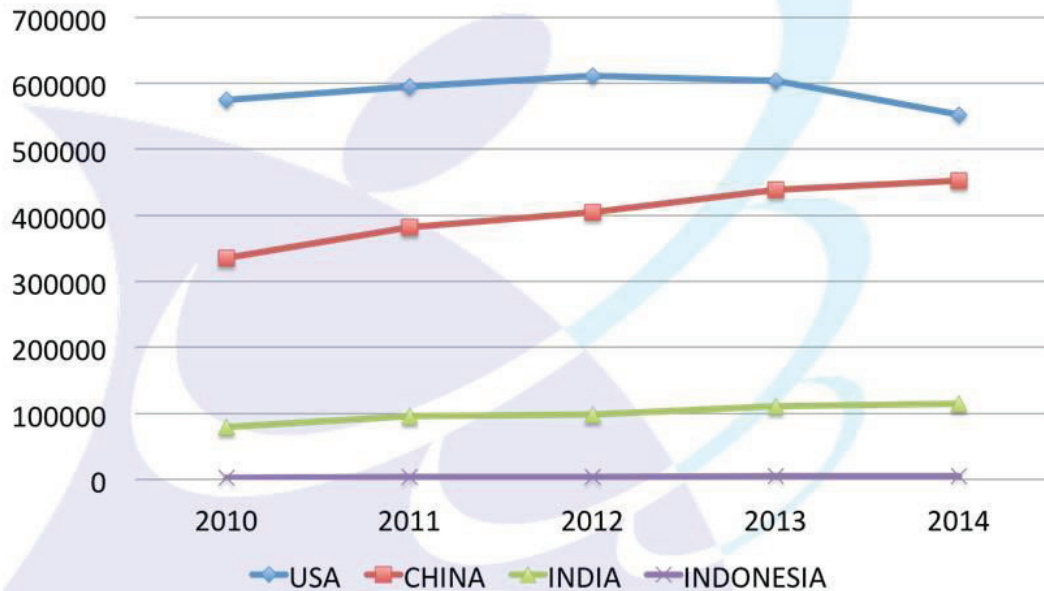
Ranking Systems - Criteria and Weighting





Comparison of Scopus-indexed publication among big-population countries

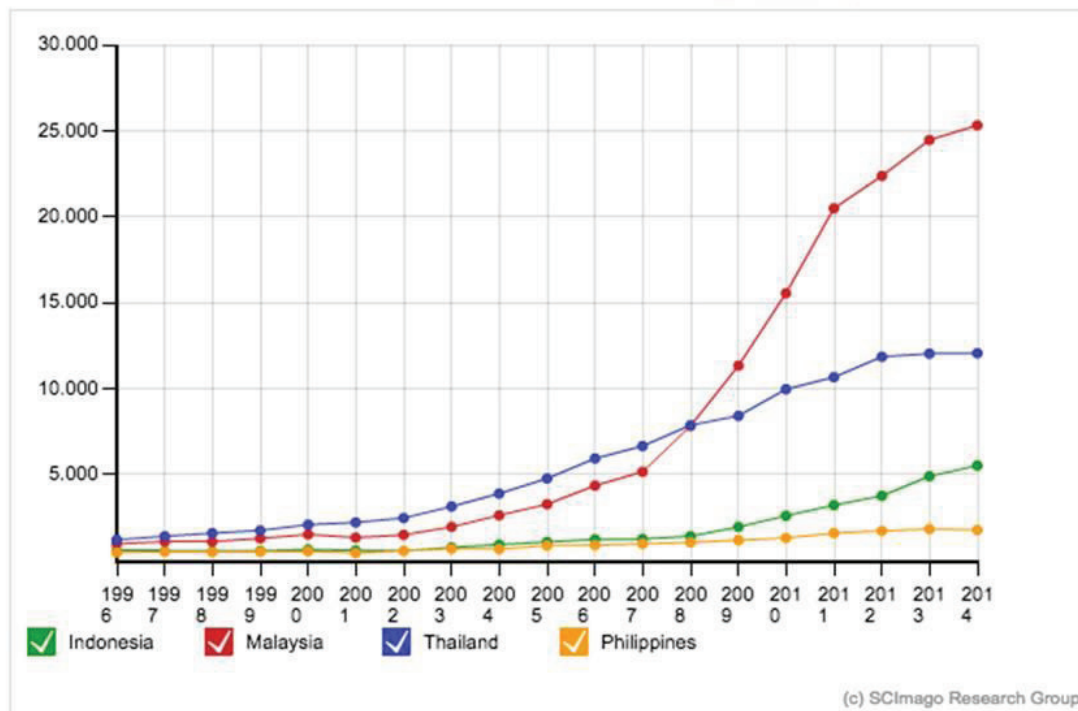
Sumber : SCIMAGOJR



13



Comparison of Scopus-indexed publications among 4 ASEAN countries



(c) SCImago Research Group

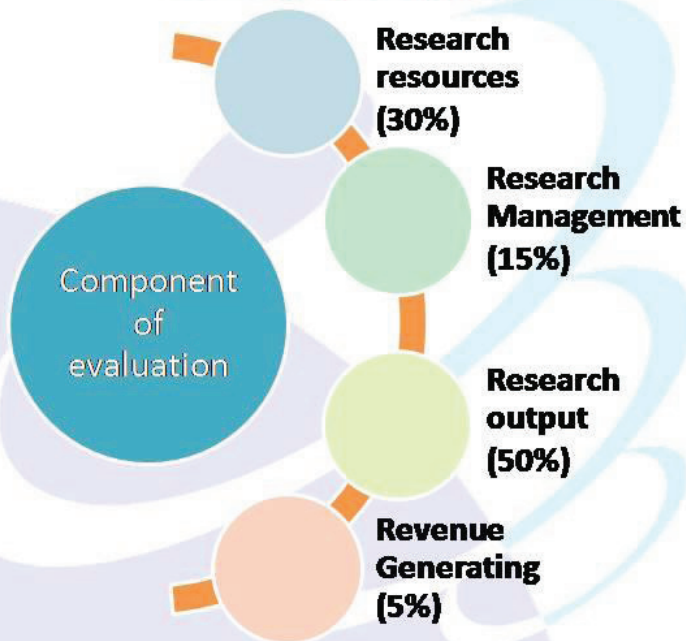


Scopus-indexed publications

- Research article
- Review
- Proceeding
- Book/book chapter



Clustering of Indonesian Universities based on research performances

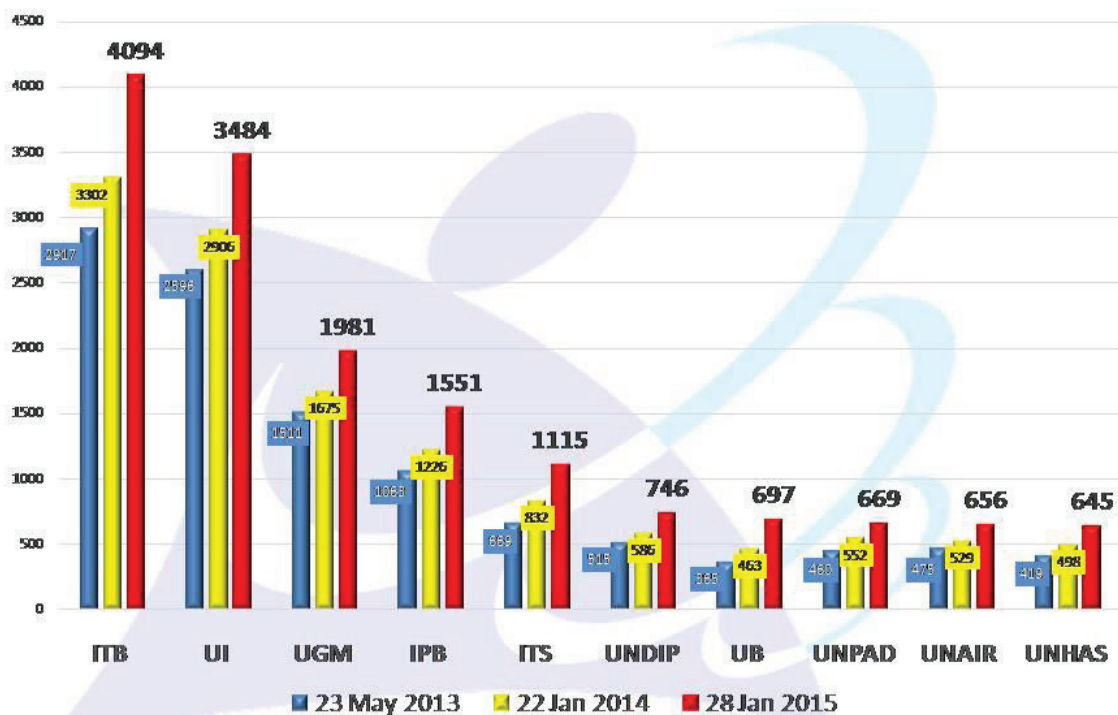


Clusters of Universities based on research performances

Periode Pemetaan	Hasil											
	Mandiri			Utama			Madya			Binaan		
	PTN	PTS	Total	PTN	PTS	Total	PTN	PTS	Total	PTN	PTS	Total
Tahun 2007- 2009	10	0	10	17	5	22	27	44	71	30	261	291
Tahun 2010-2012	12	2	14	21	15	36	24	61	79	39	731	772



10 Indonesian universities among 126 indexed in Scopus



Compiled from <http://www.scopus.com> by Hendra Gunawan (<http://personal.fmipa.itb.ac.id/hgunawan>)

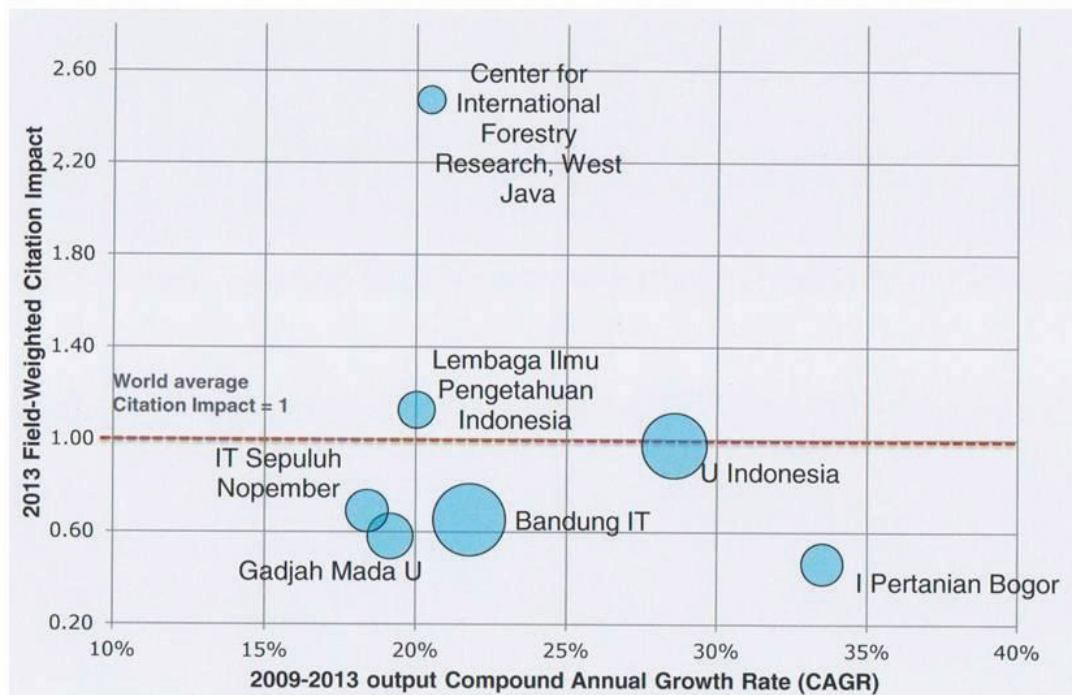


**Number of publications indexed by Scopus in TOP 10
(per 17/08/2015)**

No	Institution	Documents
1	ITB	4694
2	UI	3855
3	UGM	2185
4	IPB	1760
5	LIPI	1375
6	ITS	1256
7	CIFOR	963
8	UB	877
9	UNDIP	835
10	UNPAD	784

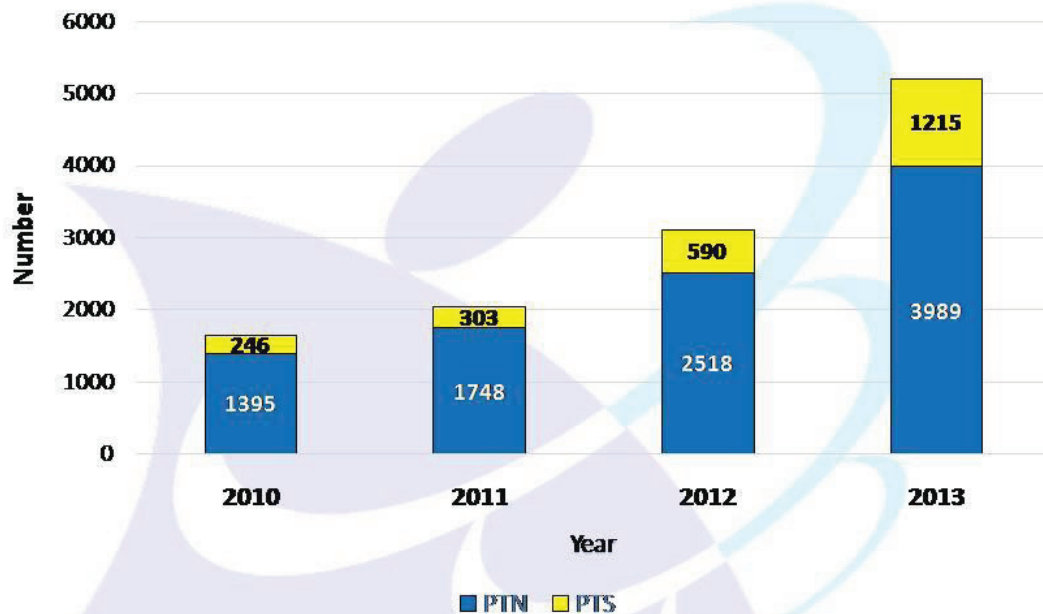


Indonesian Institutes – Output, Growth & Citation Impact





Number of international publication by national and private universities

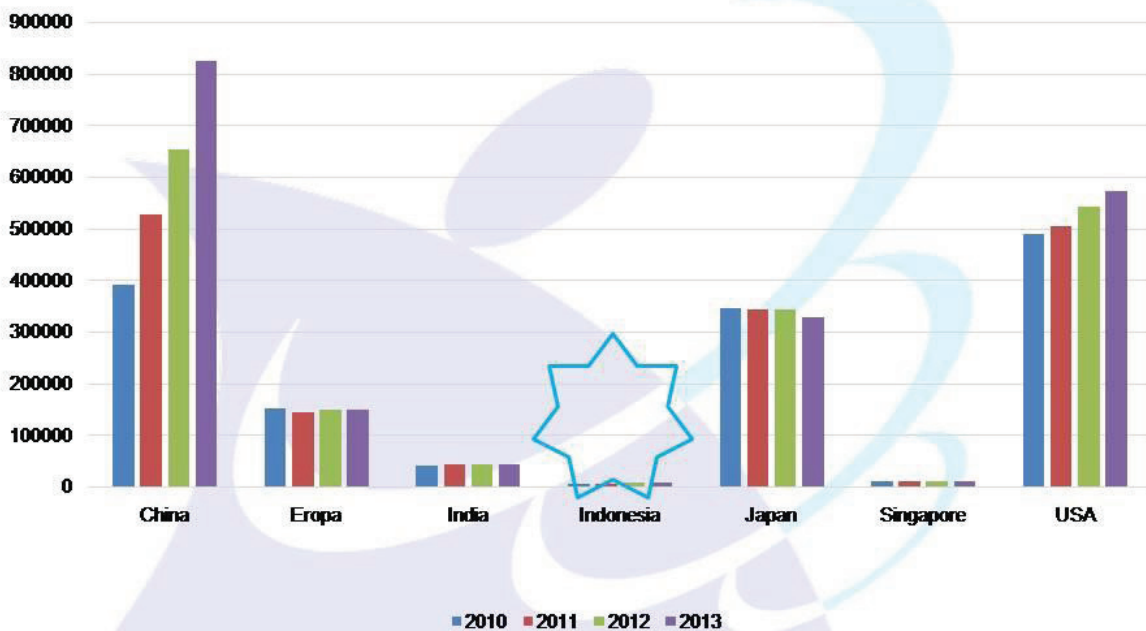


Sumber: <http://simlitabrnas.dikti.go.id/kinerja>

21



Registration of patents in local office (PCT dan Non PCT)





Scopus-indexed Journals

Country	2011	2015
Malaysia	46	79
Thailand	26	26
Philiphine	13	22
Indonesia	8	20

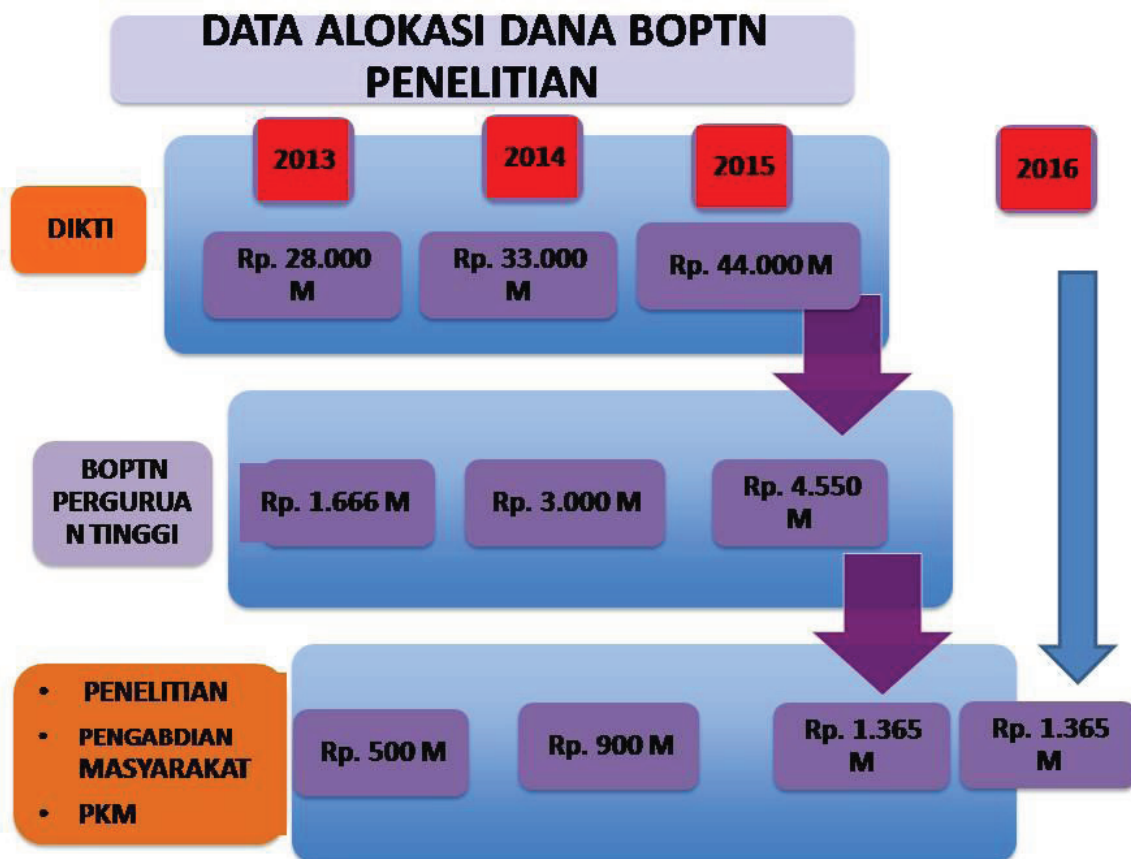
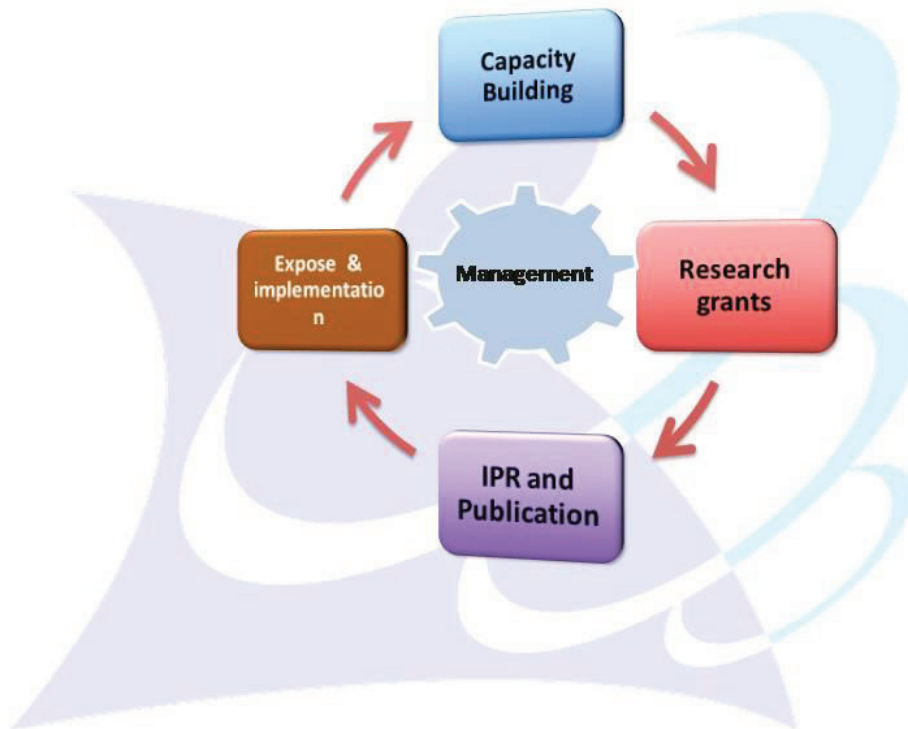
Compiled from <http://www.scopus.com> by Hendra Gunawan (<http://personal.fmipa.itb.ac.id/hgunawan>)

DAFTAR JURNAL INDONESIA TERINDEKS SCOPUS PER JUNI 2015

No	Nama Jurnal Ilmiah	Penerbit
1	International Journal of Electrical Engineering and Informatics	Institut Teknologi Bandung (ITB)
2	Journal of ICT Research and Applications	Institut Teknologi Bandung (ITB)
3	Journal of Mathematical and Fundamental Sciences	Institut Teknologi Bandung (ITB)
4	Journal of Engineering and Technological Sciences	Institut Teknologi Bandung (ITB)
5	Indonesian Journal of Chemistry	Universitas Gadjah Mada (UGM)
6	Gadjah Mada International Journal of Business	Universitas Gadjah Mada (UGM)
7	International Journal of Power Electronics and Drive Systems	Institute of Advanced Engineering and Science (IAES)
8	International Journal of Electrical and Computer Engineering	Institute of Advanced Engineering and Science (IAES)
9	Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis	Universitas Diponegoro (UNDIP)
10	International Journal of Technology	Universitas Indonesia (UI)
11	Biodiversitas	Universitas Negeri Sebelas Maret (UNS)
12	Indonesian Journal of Applied Linguistics	Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)
13	Agrivita	Universitas Brawijaya (UB)
14	Al-Jam'iah	UIN Sunan Kalijaga
15	TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control	Universitas Ahmad Dahlan (UAD)
16	Biotropia	SEAMEO BIOTROP
17	Critical Care and Shock	Indonesian Society of Critical Care Medicine
18	Acta Medica Indonesiana	Indonesian Society of Internal Medicine
19	Kukila (Bulletin of Indonesian ornithology)	Pusat Informasi Lingkungan Indonesia (PILI-NGO Movement)
20	Studia Islamica	UIN Jakarta



Research policies





Research grants

Nationally competitive schemes: 30%

Penelitian Unggulan Strategis Nasional (PUSNAS)

Riset Andalan Perguruan Tinggi Dan Industri (RAPID)

Penelitian Prioritas Nasional – MP3EI

Penelitian Penugasan (Biomedik, Mobil Listrik, IPTEK, PMDSU)

Penelitian Hibah Kompetensi (HIKOM)

Penelitian Strategis Nasional (STRANAS)

Penelitian Kerjasama Luar Negeri Dan Publikasi Internasional (KLN)

Desentralized schemes: 70%

Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT)

Penelitian Hibah Bersaing (HB)

Penelitian Fundamental (PF)

Hibah Penelitian Tim Pascasarjana (PPS)

Hibah Penelitian Kerjasama Antar Perguruan Tinggi (PEKERTI)

Penelitian Disertasi Doktor (PDD)

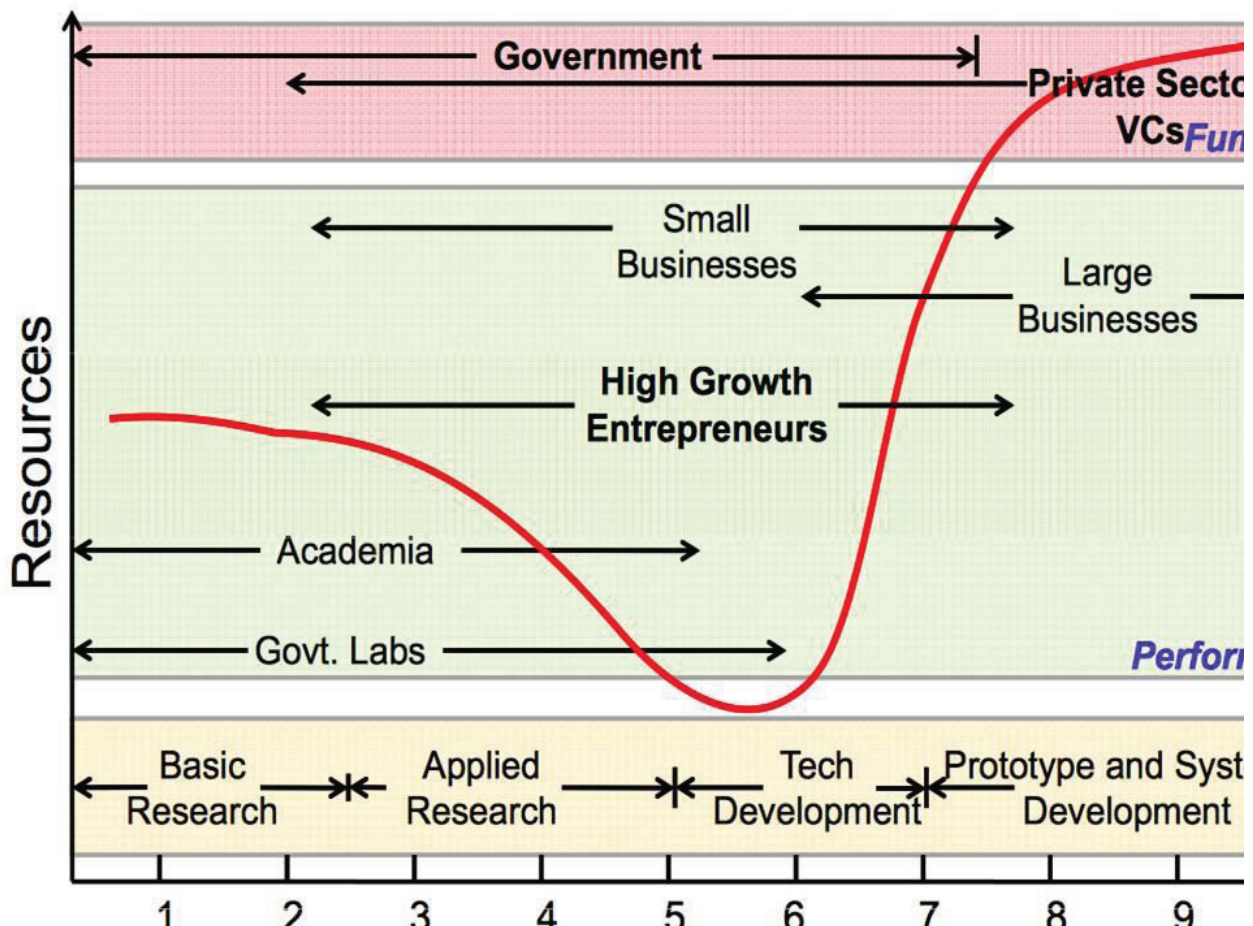
Penelitian Dosen Pemula (PDP)

PROGRAM PERFORMANCE INDICATOR

PROGRAM	Strengthening research and development
SASARAN PROGRAM	The increase of Relevance dan research productivity and development



PROGRAM PERFORMANCE INDICATOR	TARGET				
	2015	2016	2017	2018	2019
IKP 1 Number of registered IPR	1580	1.735	1.910	2.100	2.305
IKP 2 Number of international publication	5.008	6.229	7.769	9.689	12.089
IKP 3 Number of prototype R & D TRL up.to 6	530	632	783	930	1.081
IKP 4 Number of prototype industrial accept. TRL 7	5	15	15	15	15



TECHNOLOGY READINESS LEVEL *)

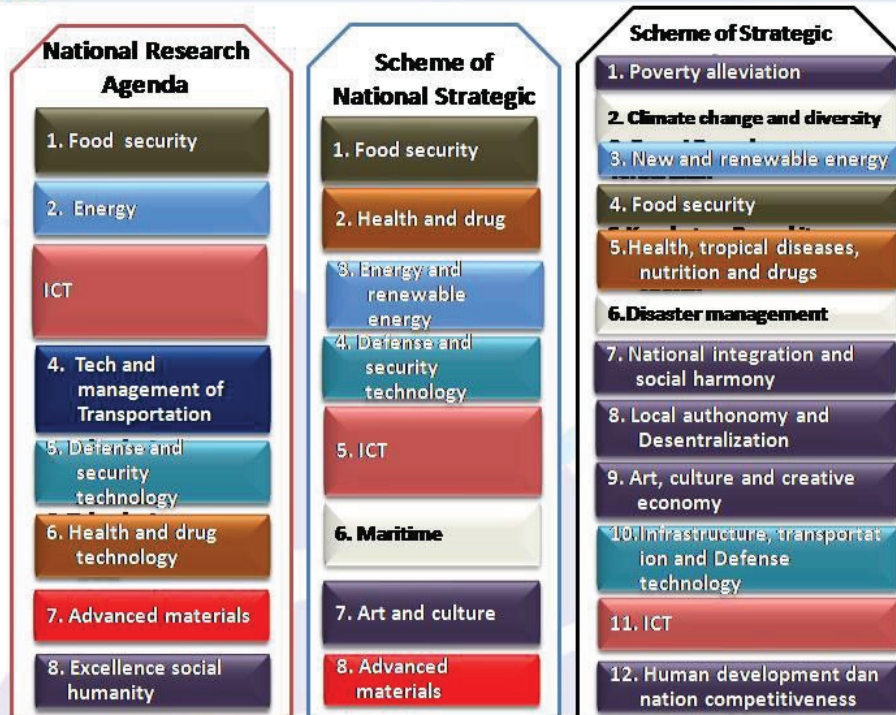
		TKT/TRL	
		Benar-benar teruji atau terbukti berhasil	9
	Telah melalui pengujian dan demonstrasi dalam aplikasi yang sebenarnya		8
	Demonstrasi prototipe sistem dalam lingkungan/aplikasi yang sebenarnya		7
	Demonstrasi model atau tipe dalam lingkungan yang relevan		6
	Validasi kode, komponen dalam satu lingkungan aplikasi		5
	Validasi kode, komponen, dan Laboratorium		4
	Pembuktian konsep (Proof of concept)		3
	Formulasi Konsep dan/aplikasi teknologi		2
	Prinsip Dasar		1

*) Usulan Tentatif





Research Areas



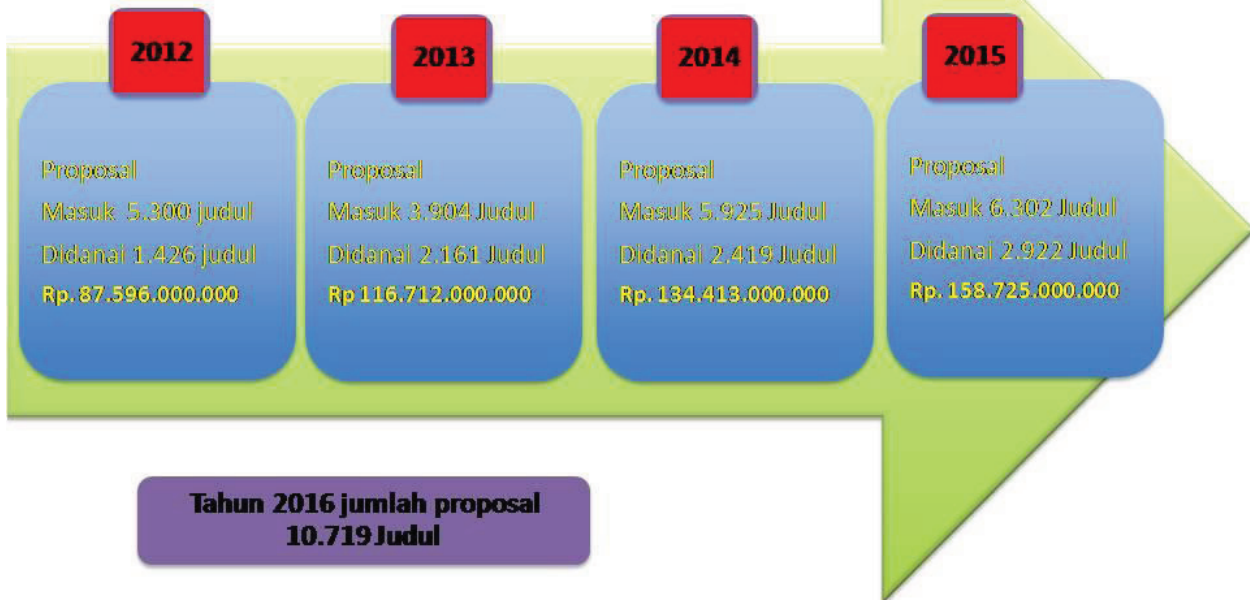
INDUSTRI PRIORITAS 2015 - 2035



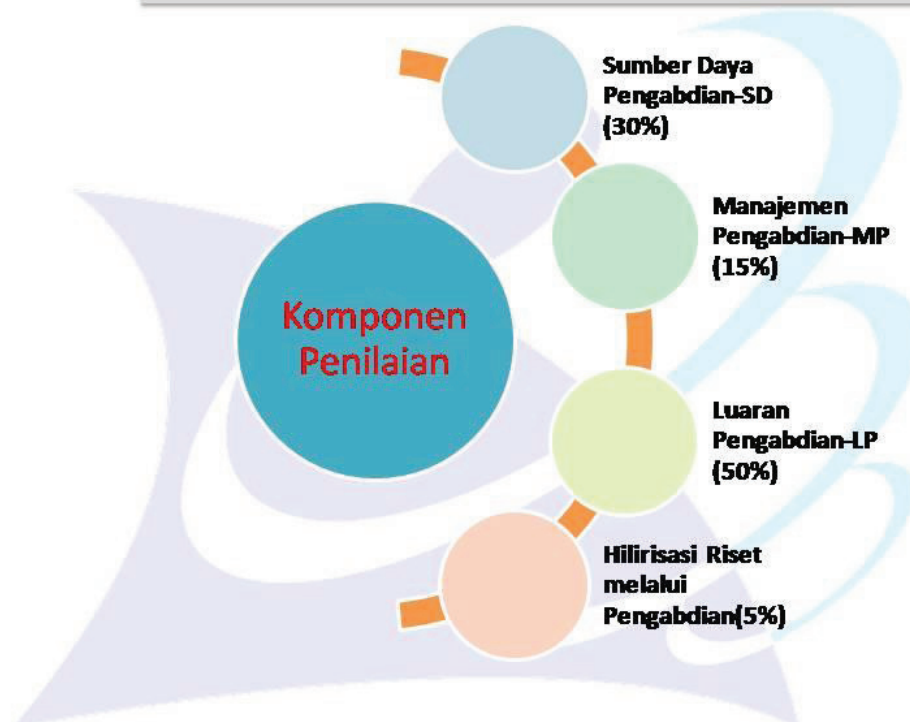
Sumber: Kemenperin

DATA HIBAH PENGABDIAN MASYARAKAT BOPTN

PERLU ALOKASI
RUPIAH MURNI



Penilaian Kinerja Pengabdian Masyarakat ??????



THANK YOU FOR YOUR KIND ATTENTION



**MINISTRY OF RESEARCH,
TECHNOLOGY AND HIGHER
EDUCATION**





PENYIAPAN SDM YANG BERKOMPETEN DALAM MENGHADAPI MEA

PROF. DR. IR. PURWANTO, DEA

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS DIPONEGORO



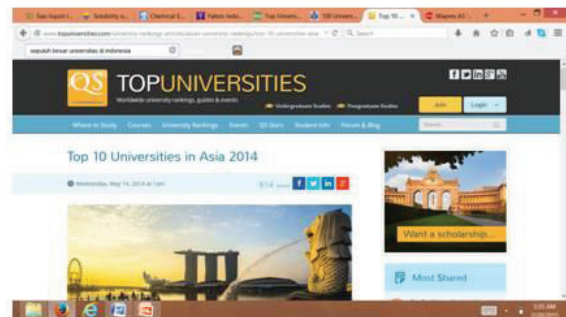
SEMARANG, 25 NOVEMBER 2015

Tantangan Perguruan Tinggi ke Depan

- ❑ Tahun 2015 Indonesia bagian dari Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA).
- ❑ Mampukah PT berkiprah di Era Global : regional ASEAN, Asia Pasifik, Internasional?
- ❑ Bagaimanakah peran sivitas akademika dalam bidang pendidikan, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat dengan diberlakukannya MEA 2015?
- ❑ Strategi untuk mensinergikan kegiatan penelitian dalam Tri Dharma Perguruan Tinggi

Globalisasi

- ❑ Masuknya lembaga asing ke Indonesia mulai dari tingkat PAUD s.d. PT, lembaga pelatihan dan pendidikan lanjutan (continuing education)
- ❑ QS University Rankings : World 2014/15, Perguruan Tinggi di Indonesia belum mampu masuk Top Hundred Universities in Asia.



Internasionalisasi

- ❑ Kurikulum program studi bertaraf internasional
- ❑ Akreditasi regional, melalui AUN (Asian University Network) di kawasan ASEAN
- ❑ Akreditasi internasional, di antaranya ABET (Accreditation Board on Engineering and Technology)
- ❑ Internasionalisasi komunikasi dan publikasi S. Artikel Jurnal Internasional terindeks bereputasi (Scopus, Thomson – Web of Science)

Kompetensi Lulusan

- Kompetensi Lulusan → Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI), acuan penyetaraan berbagai jenjang dan jenis pendidikan di perguruan tinggi
- Kompetensi → asosiasi bidang keilmuan secara nasional maupun internasional, asosiasi profesi, pengguna
- Kompetensi internasional → kriteria ABET

Kurikulum

- Pengembangan dan peninjauan secara berkala untuk memenuhi kompetensi lulusan agar lebih kompetitif
- Permendikbud No 49 Tahun 2014 → perlu peninjauan / penyesuaian kurikulum program studi terutama untuk program S2 dan S3 **dengan 72 sks, sks penulisan artikel ilmiah**
- Standard Nasional Pendidikan Tinggi

Pembelajaran Jarak Jauh

- ❑ Universitas Terbuka merupakan universitas yang memberikan pembelajaran jarak jauh
- ❑ Pengembangan kampus di daerah
- ❑ Potensi Perguruan Tinggi → pembentukan dan pengembangan Unit Program Belajar Jarak Jauh [UPBJJ] dan kampus di daerah

Link and Match

- ❑ Lulusan PT siap kerja, siap pakai, siap latih
- ❑ Kurikulum match dengan kebutuhan dan perkembangan industri dan masyarakat
- ❑ Kerjasama dengan industri, lembaga penelitian, masyarakat
- ❑ Pendidikan profesi sebagai pendidikan lanjut agar lulusan “siap kerja”
- ❑ Sertifikasi kompetensi bagi lulusan melalui Uji Kompetensi Profesi → BNSP

Inovasi

- ❑ Inovasi dalam bidang pendidikan, penelitian maupun pengabdian pada masyarakat
- ❑ Student Centered Learning (SCL)
- ❑ Inovasi di bidang penelitian
- ❑ Kreativitas mahasiswa → PIMNAS
- ❑ Kuliah Kerja Nyata tematik : kontribusi penyelesaian persoalan masyarakat dengan penerapan IPTEKS yang inovatif.

Isu Riset Perguruan Tinggi

- ❑ *Link and Match*
- ❑ *Inovasi*
- ❑ Anggaran
- ❑ Fasilitas dan Peralatan
- ❑ Akreditasi Laboratorium
- ❑ Kerjasama
- ❑ Publikasi Hasil Riset
- ❑ Penerapan Hasil Riset

Link and Match Penelitian

□ Untuk apa melakukan Penelitian?

- ▣ Penelitian untuk Pendidikan
- ▣ Penelitian untuk Peneliti
- ▣ Penelitian untuk Masyarakat

□ Penelitian berbasis permasalahan yang dihadapi masyarakat

□ Penelitian yang bermanfaat, berkontribusi untuk menyelesaikan persoalan yang dihadapi oleh masyarakat/ industri

□ atau

"masyarakat yang membantu Peneliti?"

**Peneliti yang
membantu Masyarakat**



**Masyarakat yang
membantu Peneliti**

Inovasi

- ❑ Penelitian tidak hanya sekedar mengulang sesuatu yang telah diketahui
- ❑ Penelitian untuk menghasilkan temuan baru
- ❑ Penelitian yang menghasilkan manfaat/ memberi kontribusi pada penyelesaian masalah pada masyarakat
- ❑ Penelitian berorientasi paten : inventive (ada unsur kebaruan), teknologi, metode, proses, penerapan pada industri.

Dana / Anggaran Penelitian

“Anggaran penelitian selalu menjadi perbincangan hangat”

”Rendahnya kualitas dan kuantitas penelitian sering dihubungkan dengan terbatasnya Anggaran”

Anggaran Riset :

- Indonesia : 0,09 %
- Thailand : 0,25 %
- Malaysia : 1 %
- Singapura : 2,6 %

**ANGGARAN BUKAN MENJADI
HAMBATAN
UNTUK MELAKUKAN PENELITIAN**

Fasilitas dan Peralatan

- Apakah penelitian dilakukan menunggu semua Fasilitas tersedia?
- Apakah penelitian dilakukan menunggu peralatan tersedia?

■ **FASILITAS ?**

■ **KREATIVITAS?**

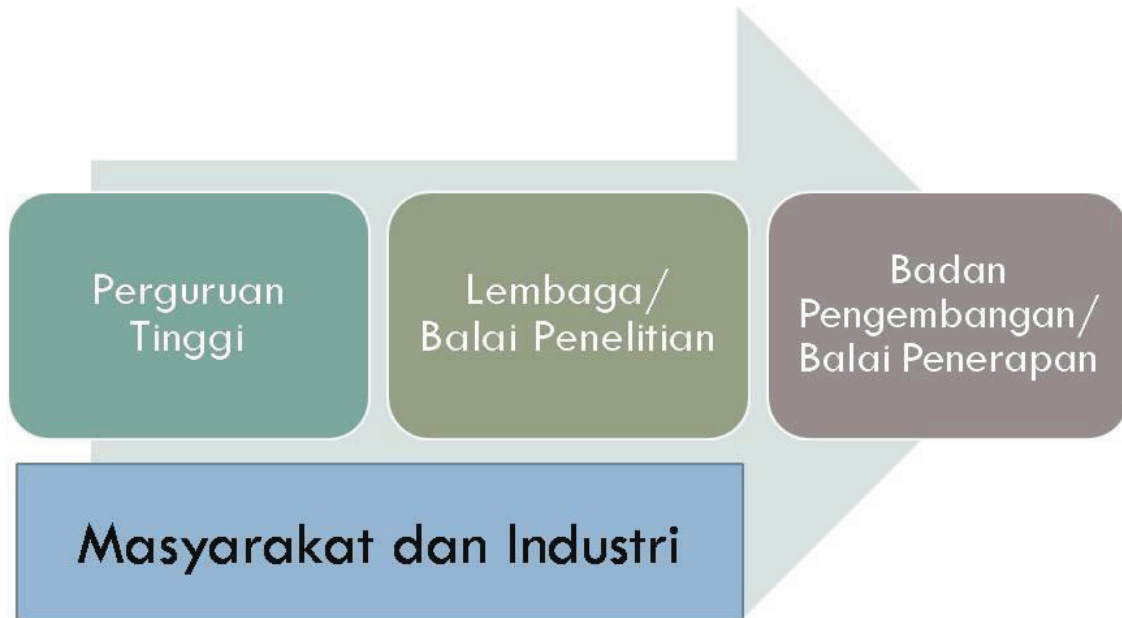


FASILITAS



KREATIVITAS

Kerjasama Penelitian



Publikasi Internasional

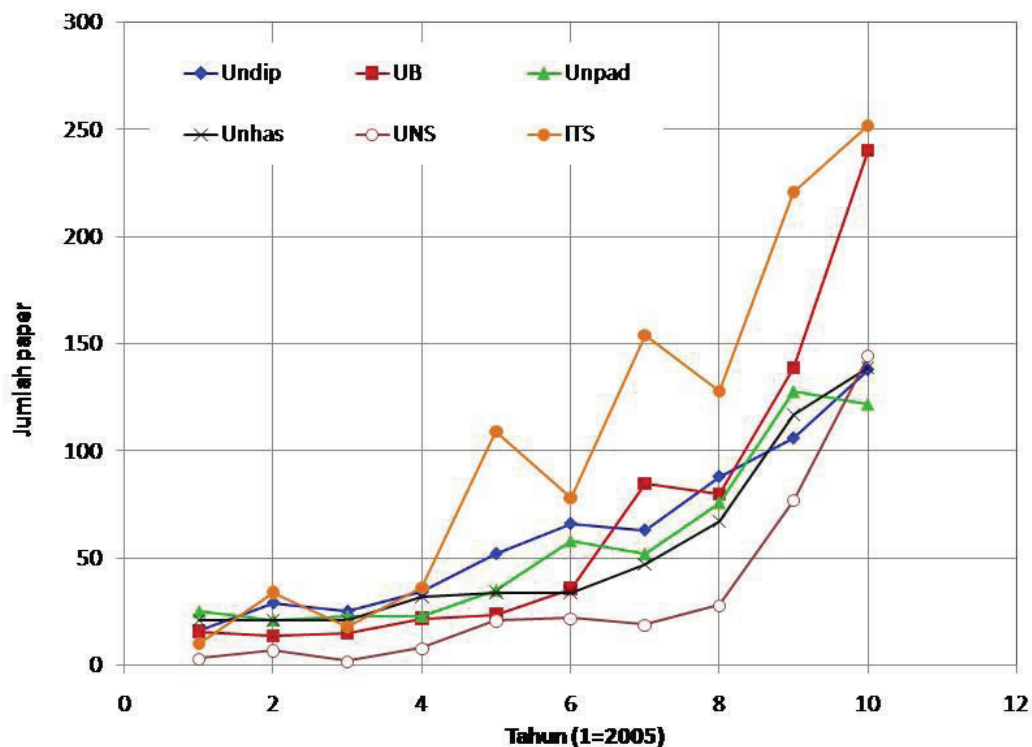
The screenshot shows a web browser displaying a ScienceDirect article. The browser's address bar shows the URL: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586195000136. The ScienceDirect logo is visible in the top left corner. The article title is 'Gas-liquid-liquid reaction engineering: hydroformylation of 1-octene using a water soluble rhodium complex catalyst' by P. Purwanto, H. Delmas. The article is published in 'Catalysis Today', Volume 24, Issues 1-2, 16 June 1995, Pages 135-140. The article is part of a special issue titled 'Catalysis in Multiphase Reactors'. The page also includes a 'Purchase \$39.95' button and a 'Get Full Text Elsewhere' button. The bottom of the page shows a Windows taskbar with various application icons and the system clock indicating 12:17 AM on 2/20/2015.

Posisi Publikasi PT Indonesia

<input type="checkbox"/> Institut Teknologi Bandung 1 Bandung Institute of Technology Institut Teknologi Bandung	4815	Bandung	Indonesia
<input type="checkbox"/> Universitas Indonesia 2 Universitas Indonesia University of Indonesia	3999	Depok	Indonesia
<input type="checkbox"/> Gadjah Mada University 3 Gadjah Mada University	2635	Yogyakarta	Indonesia
<input type="checkbox"/> Institut Pertanian Bogor 4 Bogor Agricultural University	1864	Bogor	Indonesia
<input type="checkbox"/> Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia 5 Indonesian Institute of Sciences Indonesian Institute of Sciences LIPI	1429	Jakarta	Indonesia
<input type="checkbox"/> Institut Teknologi Sepuluh Nopember 6 Sepuluh Nopember Institute of Technology Institut Teknologi Sepuluh Nopember	1329	Surabaya	Indonesia
<input type="checkbox"/> Center for International Forestry Research, West Java 7 Ctr. for Intl. Forestry Research Center for International Forestry Research	988	Bogor	Indonesia
<input type="checkbox"/> Brawijaya University 8 Brawijaya University University of Brawijaya	965	Malang	Indonesia
<input type="checkbox"/> Universitas Diponegoro 9 Diponegoro University	865	Semarang	Indonesia
<input type="checkbox"/> Universitas Padjadjaran 10 Universitas Padjadjaran Padjadjaran University	854	Bandung	Indonesia

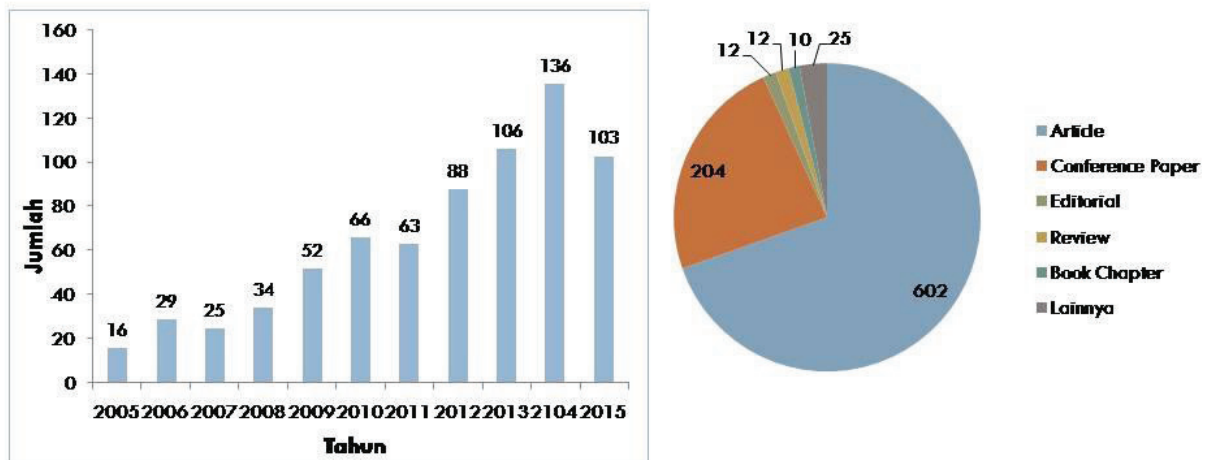
Date: 09 November 2015

Posisi Publikasi PT Indonesia di sekitar Undip (Papan Tengah)



Sumber : Susanto, H. (2015)

Perkembangan Publikasi Universitas Diponegoro



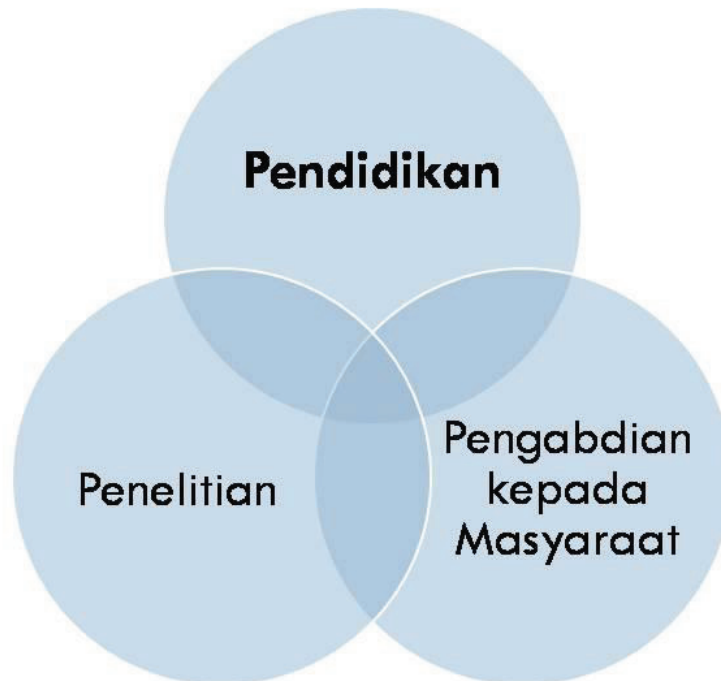
Top fifty dosen berkontribusi 670 dokumen = 77,5%

Sumber : Susanto, H. (2015)

Pengabdian kepada masyarakat

- Dilakukan melalui pendidikan dan pelatihan
- Penerapan hasil penelitian untuk menyelesaikan persoalan pada masyarakat / industri
- Pengabdian sebagai "PROGRAM" bukan "PROYEK"
- Pengabdian yang memberikan manfaat bagi masyarakat

Sinergi Tri Dharma PT



PENGEMBANGAN ENERGI BARU TERBARUKAN

- ❑ *Solar water heater*
- ❑ *Solar cell*
- ❑ *Wind energy*
- ❑ *Biogas*



PENERAPAN TEKNOLOGI, WASTE TO PRODUCT, PELUANG KERJA

Pembuatan Tepung Ikan



Pemanfaatan limbah ikan menjadi produk tepung ikan untuk bahan baku pakan ternak. Investasi sebesar 1 M, mengolah limbah menjadi produk yang bermanfaat, menyediakan lapangan kerja.

PENGEMBANGAN SIMBIOSIS INDUSTRI

Model Simbiosis Agroindustri



Melakukan Sinergi

- ❑ Teori-teori sebagai dasar pelaksanaan penelitian dan pengabdian
- ❑ Hasil penelitian digunakan untuk memperkuat dan mengembangkan teori
- ❑ Penerapan hasil penelitian untuk pengabdian kepada masyarakat
- ❑ Pengalaman pengabdian digunakan untuk memperkaya studi kasus dan contoh bidang pendidikan
- ❑ Permasalahan yang diperoleh pada saat pengabdian sebagai bahan penelitian

Visi



Program Pascasarjana
Universitas Diponegoro

Pada tahun 2020

**SEKOLAH PASCASARJANA YANG UNGGUL
BERTARAF INTERNASIONAL**

PROGRAM TAHUN 2015-19



- ❑ PENYELENGGARAAN KLAS INTERNASIONAL
- ❑ KLINIK JURNAL INTERNASIONAL
- ❑ PENDAMPINGAN PENULISAN ARTIKEL JURNAL INTERNASIONAL
- ❑ SEMINAR INTERNASIONAL
- ❑ PENELITIAN KERJASAMA INTERNASIONAL
- ❑ PENGUATAN PROGRAM “SANDWICH LIKE”
- ❑ PENGELOLAAN JURNAL BERKUALITAS

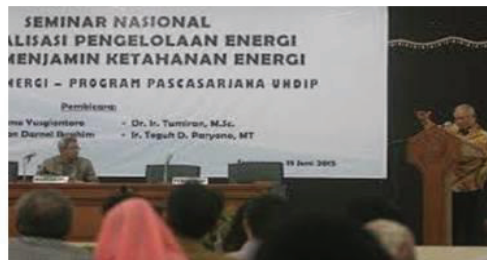
PROGRAM TAHUN 2015-19



- ❑ PENYELENGGARAAN KULIAH BERSAMA
- ❑ PENGUATAN PENELITIAN DOSEN-MAHASISWA
- ❑ SEMINAR NASIONAL HASIL PENELITIAN
- ❑ SERTIFIKASI MUTU ISO 9001
- ❑ PENGUATAN LAYANAN DAN KOORDINASI BEASISWA PASCASARJANA
- ❑ PENGEMBANGAN DESA BINAAN UNTUK PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT



SEMINAR



PUBLIKASI - JURNAL

PUBLIKASI



The 1st International Conference on Information Systems For Business Competitiveness (ICISBC) 2011.
Diponegoro University, December 8-9, 2011
Website : www.undip.ac.id , www.icisbc.org
E-mail: icisbc@undip.ac.id
Sekretariat : Program Magister Sistem Informasi UNDIP

JOURNAL OF KNOWLEDGE, TECHNOLOGY AND SOCIETIES IN EMERGING ECONOMIES (JKTSEE)
Sekretariat : Kopertis Wilayah VI, Semarang

Jurnal Sistem Informasi Bisnis (JSINBIS)
Sekretariat : Program Magister Sistem Informasi UNDIP

TERIMA KASIH

E-mail : p.purwanto@che.undip.ac.id
p.purwanto@gmail.com

TOPIK 1. TEKNOLOGI (KIMIA, MESIN DAN TEKNOLOGI INFORMASI)

Aplikasi Metode *Group Technology* Dalam Perancangan Tata Letak (*Lay Out*) Produksi Industri Kuningan CV. Saestu Makaryo, Juwana Pati

Aji Prasetyaningrum^{1,a*}, Yudhy Dharmawan^{2,b}, Bakti Jos^{3,c} dan A. Meidianto^{4,d}

¹ Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

² Jurusan Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro
Jl. Prof Sudharto SH, Kampus Tembalang Semarang

^aajiprasetyaningrum@gmail.com, ^byudhydharmawan@gmail.com

Abstrak

Perancangan tata letak (*lay out*) produksi merupakan kegiatan yang berhubungan dengan penyusunan fasilitas produksi suatu pabrik. Perancangan tata letak meliputi pengaturan fasilitas operasi dengan memanfaatkan area yang tersedia untuk penempatan mesin, bahan, peralatan, perlengkapan, dan fasilitas yang lain. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan perancangan ulang tata letak fasilitas mesin pada perusahaan logam CV. Saestu Makaryo, Juwana, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Berdasarkan permasalahan yang ada, dilakukan perancangan ulang dengan metode *Group Teknologi* (GT) yaitu dengan mengelompokkan produk yang memiliki kesamaan desain atau kesamaan karakteristik manufaktur. Hasil pengelompokan tersebut berupa formasi mesin dengan tata letak yang baru. Untuk menghitung jarak perpindahan *material handling* dan ongkos *material handling* menggunakan metode perhitungan jarak *rectilinear*. Selanjutnya dihitung ulang dan dibandingkan ongkos *material handling* (OMH) sebelum dan sesudah penataan ulang *lay out* produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *re-layout* perancangan menghasilkan efisiensi produksi yang lebih tinggi dari *layout* semula. *Re-layout* memiliki jarak *rectilinear* perpindahan material yang lebih kecil, dengan selisih 198,9 meter atau menghasilkan penurunan jarak produksi sebesar 23,1% dari kondisi awal. Terjadi penurunan ongkos material handling berdasarkan jarak *rectilinear* sebesar Rp. 126.930,00 / hari menjadi Rp 98.200,00/hari

Kata kunci : [*LAY OUT, GROUP TECHNOLOGY, INDUSTRI LOGAM*]

Latar Belakang

CV. Saestu Makaryo merupakan salah satu industri kecil yang bergerak dalam bidang manufaktur kerajinan logam, khususnya logam kuningan. Produk yang dihasilkan terutama adalah aksesoris mebel, handle pintu dan jendela. Perkembangan produksi CV. Saestu Makaryo cukup pesat, sehingga produk-produknya banyak dipesan untuk permintaan dalam dan luar negeri.

Seiring dengan penambahan produksi, maka secara bertahap CV. Saestu Makaryo menambah jumlah mesin-mesin. Akan tetapi penambahan mesin tersebut tidak diikuti

dengan perbaikan tata letak (*lay out*) produksi sehingga efisiensi produksi malah menurun.

Dalam proses produksi terdapat aliran pemindahan bahan yang berpotongan (*cross movement*) dikarenakan tata letak mesin yang kurang teratur. Jarak antar departemen produksi cukup jauh, sehingga menimbulkan ongkos *material handling* yang cukup besar.

Diperlukan solusi untuk mengubah tataletak produksi agar lebih efektif dan efisien. Penataan ulang untuk memperbaiki tata letak (*lay out*) produksi CV. Saestu Makaryo dirancang agar memberikan total jarak *material handling* terpendek sehingga dapat mengurangi keterlambatan produksi.

Tata letak yang baik adalah tata letak yang baik adalah tata letak yang dapat menangani system material handling secara menyeluruh [1].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kondisi tata letak fasilitas industri pengolahan logam dengan pendekatan *group technology*, sehingga didapatkan tingkat efisiensi dan fleksibilitas yang tinggi.

Metode Penelitian

Group Technology (GT) adalah sebuah filosofi dalam dunia manufaktur yang mengidentifikasi dan mengelompokkan *part-part* yang serupa ke dalam kelompok *part* (*part family*) dengan memanfaatkan kesamaan dalam hal rancangan produk dan proses fabrikasi dalam siklus manufaktur [2]. GT bertujuan untuk mengurangi waktu *setup*, aktivitas penanganan material, waktu *throughput*, *inventori in-process*, kebutuhan ruangan, waktu *idle* mesin, dan kompleksitas kontrol, yang pada gilirannya akan meningkatkan efisiensi produksi. *Cellular manufacturing* (CM) merupakan salah satu aplikasi dari GT. Ide yang mendasari CM adalah pengelompokan mesin ke dalam sel-sel untuk memproduksi *part family*, yaitu

sekelompok *part* yang membutuhkan proses-proses manufaktur yang serupa [2, 3].

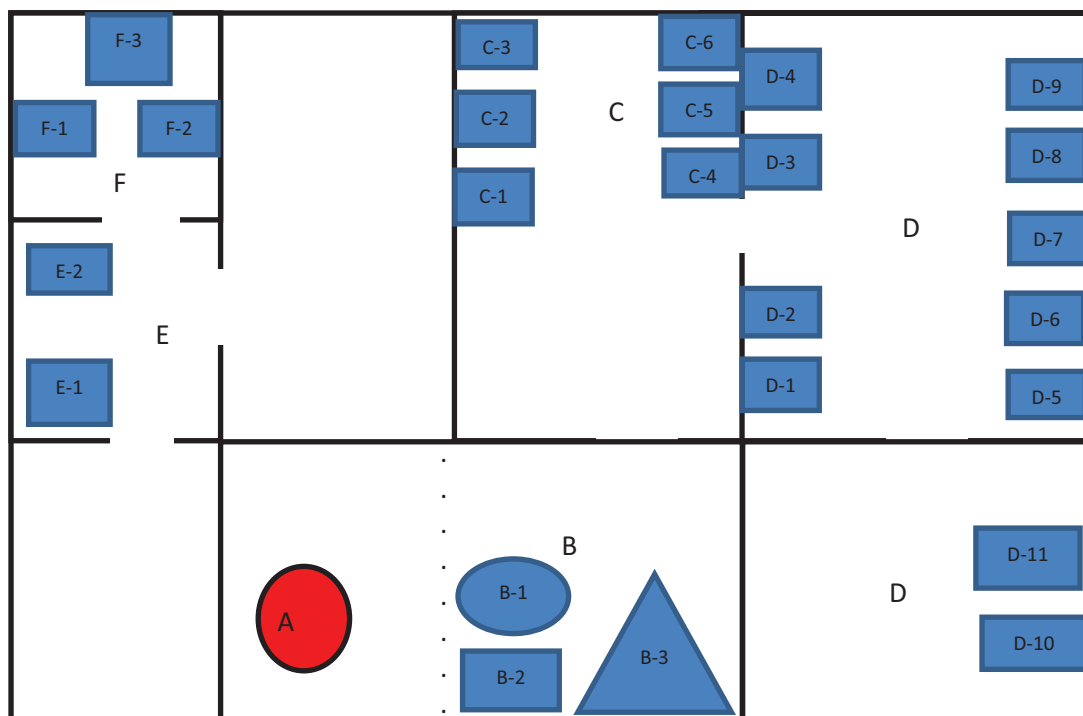
Studi mengenai pengaturan tata letak fasilitas produksi selalu ditujukan untuk meminimalkan total *cost*. Elemen-elemen *cost* dalam hal ini meliputi : *construction cost*, *installation cost*, *material handling cost*, *production cost*, *machine down cost*, *safety cost* dan *in-process storage*. Pengukuran jarak dilakukan dengan menggunakan pengukuran *rectilinear* [2,4]. Metode *Rectilinear* menggunakan perhitungan berdasarkan rumus sebagai berikut.

$$|x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (1)$$

Pada pengukuran jarak masing-masing tidak memperhatikan adanya lintasan, sehingga pengukuran dilakukan secara langsung dari masing-masing titik tengah departemen produksi.

Hasil dan Pembahasan

Penentuan jarak dilakukan dengan menggambar ulang tata letak mesin, peralatan, operator menjadi suatu area atau blok-blok dalam koordinat sumbu X dan Y. Lay out produksi CV Saestu Makaryo sebelum penerapan GT dapat dilihat pada gambar 1.



KETERANGAN :

A= Tungku Peleburan, B= Pencetakan, C= Ruang Gerinda, D= Ruang Bor, F = Ruang Skrap, E = Bench Lathe

Gambar 1. Lay out produksi CV. Saestu Makaryo

Dilakukan pengukuran jarak mesin tertentu dengan mesin yang lain. Contoh perhitungan jarak *Rectilinear* dari mesin A ke mesin B sebagai berikut:

Jarak *rectilinear* = $1 - 1 + 4 - 8,3 = 4,3$ meter, dengan perhitungan yang sama dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jarak Antar Mesin Berdasarkan Lay Out

Mesin	Jarak (meter)					
	A	B	C	D	E	F
A	-	4,3	25,1	42,7	78	84,1
B	-	-	20,8	38,4	73,7	79,8
C	-	-	-	17,6	52,9	59
D	-	-	-	-	35,3	41,4
E	-	-	-	-	-	6,1
F	-	-	-	-	-	-

Dari data Tabel 1 dapat dihitung jarak perpindahan dari tiap komponen pada proses

produksi. Sebagai contoh perhitungan jarak yang ditempuh oleh produk “Rambskar^{1/2} lingkaran” dengan rute produksi melewati mesin A-B-C-D-E-F adalah 84,1 meter. Dengan cara yang sama dihitung jarak penanganan tiap komponen dan hasilnya disajikan pada Tabel 2.

Penentuan *Material Handling Lay Out*

Frekuensi perpindahan bahan merupakan faktor yang menentukan dalam perhitungan OMH [2,5]. Frekuensi perpindahan dapat dihitung dengan rumus :

$$f = \frac{n \text{ mat}}{C} \quad (2)$$

Keterangan :

f = frekuensi perpindahan

n mat = jumlah unit x berat komponen

C = kapasitas alat angkut rata-rata (kg)

Tabel 2. Jarak Perpindahan Setiap Produk Pada Lay Out

No	Nama Barang	Rute	Jarak Perpindahan (meter)	Total Jarak (meter)
1	Rambskar ^{1/2} Lingkaran	A→B→C→D→E→F	4,3+20,8+17,6+35,3+6,1	84,1
2	Rambskar Lingkaran	A→B→C→D→E→F	4,3+20,8+17,6+35,3+6,1	84,1
3	Rambskar Kotak	A→B→C→D→E→F	4,3+20,8+17,6+35,3+6,1	84,1
4	Rambun	A→B→C→D→E→F	4,3+20,8+17,6+35,3+6,1	84,1
5	Handle	A→B→C→E→F	4,3+20,8+52,9+6,1	84,1
6	Lubang Grendel	A→B→C→D→C→E→F	4,3+20,8+17,6+17,6+52,9+6,1	119,3
7	Ring Kunci	A→B→C→D→C→E→F	4,3+20,8+17,6+17,6+52,9+6,1	119,3
8	Knop	A→B→C→E→F	4,3+20,8+52,9+6,1	84,1
9	Panolet	A→B→C→D→C→E→F	4,3+20,8+17,6+17,6+52,9+6,1	119,3
Total				862,5

Ongkos Material Handling (OMH) dapat dihitung dengan persamaan:

$$OMH = r \times f \times OMH / m \quad (3)$$

Keterangan :

OMH = Ongkos *Material Handling*

r = jarak perpindahan (meter)

f = frekuensi perpindahan

Berikut ini adalah contoh perhitungan frekuensi perpindahan untuk produk “rambskar ^{1/2} lingkaran”. Diassumsikan bahwa kapasitas alat angkut rata-rata (C) untuk setiap batch adalah 5kg.

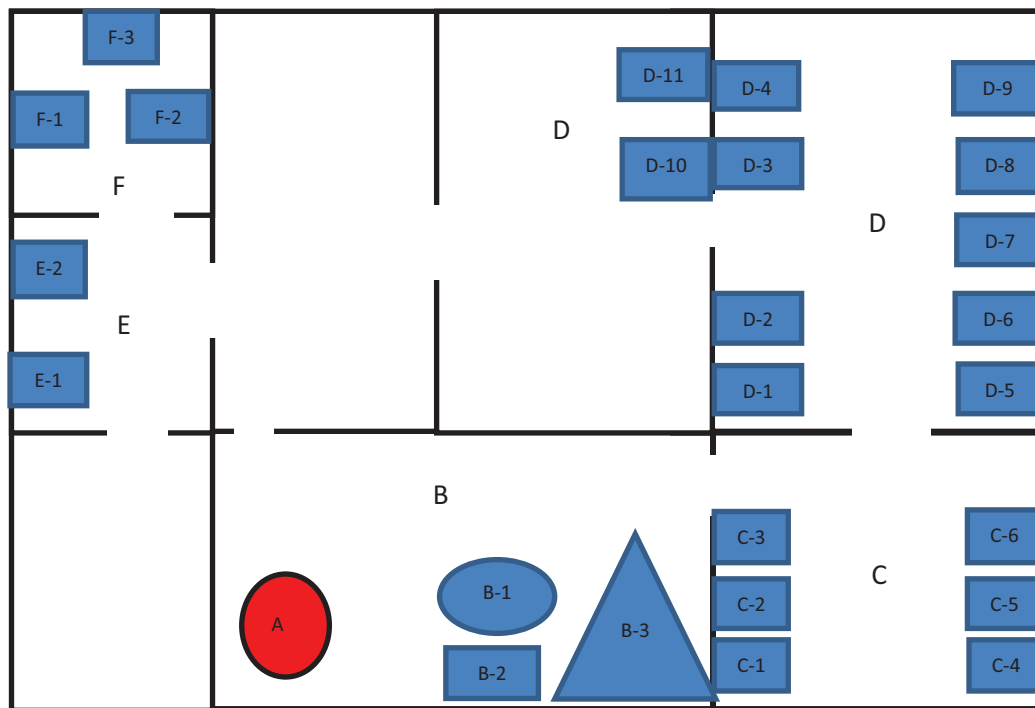
Perhitungan *n mat* untuk produk rambskar ^{1/2} lingkaran adalah :

$$nmat = 100 \text{ unit} \times 50 \text{ gr} = 5 \text{ kg.}$$

Diambil asumsi bahwa Ongkos Material Handling / m (OMH/m) adalah Rp. 100/meter.

Tabel 3. Perhitungan Ongkos *Material Handling Lay Out*

No	Nama Barang	Jarak (meter)	Frekuensi (kali)	OMH / meter (Rp)	Jumlah OMH (Rp)
1	Rambskar ½ Lingkaran	84,1	1	100	8.410
2	Rambskar Lingkaran	84,1	2	100	16.820
3	Rambskar Kotak	84,1	1	100	8.410
4	Rambun	84,1	1	100	8.410
5	Handle	84,1	1	100	8.410
6	Lubang Grendel	119,3	2	100	23.860
7	Ring Kunci	119,3	2	100	23.860
8	Knop	84,1	2	100	16.820
9	Panolet	119,3	1	100	11.930
Total					126.930



KETERANGAN :

A= Tungku Peleburan, B= Pencetakan, C= Ruang Gerinda, D= Ruang Bor, F = Ruang Skrap, E = Bench Lathe

Gambar 2. *Re- Lay out* produksi CV Saestu Makaryo

Frekuensi perpindahan untuk produk rambskar ½ lingkaran adalah :

$$f = \frac{n \text{ mat}}{c} = \frac{5}{5} = 1 \quad (4)$$

Ongkos pemindahan bahan baku atau Ongkos Material Handling (OMH) dapat dihitung dengan persamaan:

$$OMH = r \times f \times OMH / m \quad (5)$$

Untuk produk rambskar $\frac{1}{2}$ lingkaran :
 $OMH = 84,1 \times 1 \times \text{Rp. } 100$
 $= \text{Rp. } 8.410,00$

Perhitungan Ongkos *Material Handling Lay Out* untuk seluruh material disajikan pada Tabel 3.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa OMH masih cukup tinggi, yaitu Rp 126.930,00/hari. Untuk itu dilakukan re-layout produksi untuk meningkatkan efisiensi proses.

Re-layout jarak *material handling* dilakukan dengan menggambar ulang tata letak mesin, peralatan, operator menjadi suatu area atau blok-blok dalam koordinat sumbu X dan Y. Titik tengah (koordinat) departemen produksidigunakan untuk mengitung jarak antar mesin dengan metode jarak *rectiliner*. *Re-lay out* produksi CV Saestu Makaryo setelah penerapan GT dapat dilihat pada gambar 2.

Selanjutnya dilakukan pengukuran ulang untuk mengetahui jarak antar mesin setelah penataan ulang *layout* produksi atau *re-layout*. Hasil pengukuran jarak antar mesin *re-layout* disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, dapat dihitung jarak perpindahan dari tiap komponen pada proses produksi. Sebagai contoh perhitungan jarak yang ditempuh oleh produk “Rambskar $\frac{1}{2}$ lingkaran” dengan rute produksi melewati mesin A-B-C-D-E-F adalah 62 meter.

Tabel 4. Jarak antar mesin *re –layout*

Mesin	Jarak (meter)					
	A	B	C	D	E	F

Tabel 5. Jarak Perpindahan Setiap Produk Pada re Lay Out

No	Nama Barang	Rute	Jarak Perpindahan (meter)	Total Jarak (meter)
1	Rambskar $\frac{1}{2}$ Lingkaran	A→B→C→D→E→F	4,3+16,3+17,6+17,7+6,1	62
2	Rambskar Lingkaran	A→B→C→D→E→F	4,3+16,3+17,6+17,7+6,1	62
3	Rambskar Kotak	A→B→C→D→E→F	4,3+16,3+17,6+17,7+6,1	62
4	Rambun	A→B→C→D→E→F	4,3+16,3+17,6+17,7+6,1	62
5	Handle	A→B→C→E→F	4,3+16,3+35,3+6,1	62
6	Lubang Grendel	A→B→C→D→C→E→F	4,3+16,3+17,6+17,6+35,3+6,1	97,2

A	-	4,3	20,6	38,2	55,9	62
B	-	-	16,3	33,9	51,6	57,4
C	-	-	-	17,6	35,3	41,4
D	-	-	-	-	17,7	23,8
E	-	-	-	-	-	6,1
F	-	-	-	-	-	-

Dengan cara yang sama dapat dihitung jarak pemindahan selama produksi untuk masing-masing komponen. Hasil penataan ulang tata letak memberikan besaran jarak perpindahan yang berbeda dari tata letak sebelumnya. Jarak perpindahan setiap produk setelah penataan ulang (*re-layout*) disajikan pada Tabel 5.

Penentuan Total OMH *re- Lay Out*

Jika diketahui kapasitas alat angkut rata-rata $C=5$ kg, maka frekuensi perpindahan untuk produk “Rambskar $\frac{1}{2}$ lingkaran” adalah :

$$n_{mat} = 100 \text{ unit} \times 50 \text{ gr} = 5 \text{ kg.}$$

$$f = \frac{n_{mat}}{C} = \frac{5}{5} = 1$$

Untuk produk lainnya disajikan pada Tabel 6. Ongkos pemindahan bahan baku atau Ongkos *Material Handling* (OMH) dapat dihitung dengan persamaan:

$$OMH = r \times f \times OMH / m$$

7	Ring Kunci	$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$	$4,3+16,3+17,6+17,6+35,3+6,1$	97,2
8	Knop	$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$	$4,3+16,3+35,3+6,1$	62
9	Panolet	$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$	$4,3+16,3+17,6+17,6+35,3+6,1$	97,2
Total				663,6

Tabel 6. Ongkos Material Handling *re Lay Out*

No	Nama Barang	Jarak	Frekuensi	OMH / meter (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Rambskar $\frac{1}{2}$ Lingkaran	62	1	100	6.200
2	Rambskar Lingkaran	62	2	100	12.400
3	Rambskar Kotak	62	1	100	6.200
4	Rambun	62	1	100	6.200
5	Handle	62	1	100	6.200
6	Lubang Grendel	97,2	2	100	19.440
7	Ring Kunci	97,2	2	100	19.440
8	Knop	62	2	100	12.400
9	Panolet	97,2	1	100	9.720
Total					98.200

Penurunan OMH *Lay Out* Terhadap *re Lay Out*

Untuk mengetahui besarnya penurunan jarak OMH, maka dilakukan analisa dengan mengurangi total OMH lay out dengan total OMH *re lay out* yang dapat dihitung sebagai berikut :

Penurunan OMH

= OMH lay out – OMH *re layout*

= Rp. 126.930 – Rp. 98.200

= Rp. 28.730

Jadi penurunan total OMH/hari adalah 29%

Kesimpulan

1. Perhitungan jarak menggunakan metode *rectilinier* diketahui total jarak perpindahan pada *lay out* adalah 862,5 meter. Sedangkan total jarak perpindahan pada *re-lay out* adalah 663,6 meter. Diperoleh penurunan jarak sebesar 198,9 meter atau dengan 23,1%. Penurunan jarak tersebut akan mempengaruhi pada ongkos *material handling* secara keseluruhan. Selain itu, penurunan jarak akan mempengaruhi besarnya waktu kerja karena penyelesaian sebuah pekerjaan akan semakin singkat.
2. Perhitungan total ongkos *material handling* pada lay out didapatkan sebesar

Rp. 126.930. Sedangkan total ongkos *material handling* pada *re lay out* didapatkan sebesar Rp. 98.200, sehingga didapatkan penurunan sebesar Rp. 28.730 atau setara dengan 29%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kantor Litbang Kabupaten Pati, CV. Saestu Makaryo, Laboratorium Proses Jurusan Teknik Kimia, dan segala pihak yang membantu selesainya penelitian ini. Penelitian ini dibiayai oleh Program Pengabdian kepada Masyarakat PPUM (Penguatan Produk Unggulan Masyarakat) dana PNPB Undip 2015.

Referensi

- [1] Wignjosoebroto, S. Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan. Penerbit Guna Widya. Surabaya. 1996.
- [2] J. Susetyo, Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Dengan Pendekatan *Group Technology* Dan *Algoritma Blocplan* Untuk Meminimasi Ongkos *Material Handling*, Jurnal Teknologi. 3 (2010) 75-84

- [3] Singh, N and Rajamani, D. Cellular Manufacturing System Design Planning And Controll. Chapman and Hall. London. 1996
- [4] Heragu, Solution To Large Facility Layout Problems Using Group Technology, Thesis 2007. Susetyo, J. 2009.
- [5] Sodikin, I., Winarni, Prasatya, N.J. Penerapan Cellular Manufacturing System Dengan Menggunakan Algoritma Heuristic Similarity Coeficient Untuk Meminimasi Waktu Siklus Dan Biaya Material Handling *Jurnal Teknologi* 3 (2008) 44-52

OPTIMISASI PRODUKSI ASAM LAKTAT DARI LIMBAH BUAH PEPAYA DENGAN *LACTOBACILLUS PLANTARUM* SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN PLA

Abdullah^{1,a*}, Citrawati Nugraheni Minasti^{2,b} dan Bagus Muliajaya Lutfi^{3,c}

^{1,2,3} Jl. Prof. H. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang Semarang, Indonesia

^aabd_busairi@yahoo.com ^bcitrawatiminasti@che.undip.ac.id ^cemail.bagus@gmail.com

*Penulis penanggung jawab

Abstrak

Kemampuan produksi asam laktat dalam negeri belum bisa memenuhi banyaknya kebutuhan asam laktat di industri Indonesia terutama sebagai bahan baku pembuatan poli asam laktat (PLA). Kendala utama yang banyak dihadapi industri asam laktat yaitu mahalanya substrat sebagai bahan baku. Melihat hal ini, sudah saatnya untuk mengembangkan bahan alternatif lain yang banyak mengandung karbohidrat. Limbah buah pepaya busuk memiliki kandungan gula yang cukup besar yaitu 12,1% namun penggunaannya belum maksimal dan komersiil. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan produksi asam laktat dan meningkatkan nilai jual limbah pepaya menggunakan *Lactobacillus plantarum*. Simultan Sakarifikasi dan Fermentasi (SSF) dipilih sebagai metode fermentasi yang paling efisien. Rancangan penelitian dilakukan dengan menggunakan *Central Composite Design* (CCD) agar dapat menghemat waktu dan biaya. pH (5,5 dan 6,5), konsentrasi substrat (2% dan 6% w/v), serta rasio C/N (3:1 dan 7:1) merupakan variabel berubah dengan suhu fermentasi 37°C selama 72 jam dan kecepatan pengadukan pada inkubator shaker sebesar 200rpm sebagai variabel tetap. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu persiapan bahan baku, pembuatan media culture, inokulasi bakteri, fermentasi, analisa karbohidrat dengan titrasi, dan analisa asam laktat dengan HPLC. *Respons Surface Method* (RSM) dengan bantuan software Minitab 17 digunakan untuk mencari kondisi optimum. Dari hasil penelitian, didapat model persamaan matematika untuk reaksi fermentasi pembentukan asam laktat adalah $Y = 20.18 + 4.62 X_1 - 8.52 X_2 + 1.13 X_3 - 2.40 X_1^2 - 3.01 X_2^2 + 0.83 X_3^2 - 2.14 X_1X_2 - 1.63 X_1X_3 - 1.42 X_2X_3$ dengan kondisi optimum pH, %konsentrasi substrat dan rasio C/N masing-masing sebesar 6,57, 0,64 dan 8,36.

Kata kunci : asam laktat, limbah pepaya, *Lactobacillus plantarum*, Optimisasi

Pendahuluan

Asam laktat merupakan salah satu senyawa kimia penting yang banyak digunakan pada berbagai industri seperti industri makanan, kosmetik, tekstil, farmasi, dan lain sebagainya. Asam laktat juga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi senyawa kimia lain seperti asam acrylic, lactate ester, 1-2-propanediol, asam piruvat dan polimer asam laktat (PLA)

(Gao et al., 2011). Permintaan pasar terhadap asam laktat semakin bertambah kurang lebih 5-8% tiap tahunnya di Indonesia menyebabkan Indonesia harus mengimpor asam laktat untuk dapat memenuhi kebutuhan industri dalam negeri [1].

Asam laktat dapat diproduksi dengan dua cara yaitu fermentasi karbohidrat dan sintesa kimia [8]. Fermentasi merupakan metode yang paling banyak digunakan oleh

industri untuk menghasilkan asam laktat. Salah satu keunggulan metode fermentasi adalah asam laktat yang dihasilkan hanya terdiri dari satu enantiomer (*L*+ *lactate*) berdasarkan bakteri yang digunakan.

Bakteri *Lactobacillus plantarum*, merupakan bakteri *facultative heterofermentative* yang mengkodekan semua enzim (aldolase dan phosphoketolase). Bakteri tersebut memiliki aktivitas 13 kali lipat lebih banyak dalam mendehidrogenasi *L*-asam laktat yang nantinya digunakan sebagai bahan baku pembuatan PLA [5, 8].

Pembuatan asam laktat membutuhkan substrat yang mengandung gula. Kendala utama yang banyak dihadapi industri asam laktat saat ini adalah harga bahan baku yang mahal. Oleh karena itu, bahan baku terbarukan merupakan solusi dalam permasalahan fermentasi asam laktat. salah satu bahan baku terbarukan yang memiliki kandungan gula yang besar adalah limbah pepaya [11]. Kandungan karbohidrat buah pepaya busuk per 100 gr sebesar 12,1% dengan komposisi sukrosa 48,3% ; glukosa 29,8% ; fruktosa 21,9% [2].

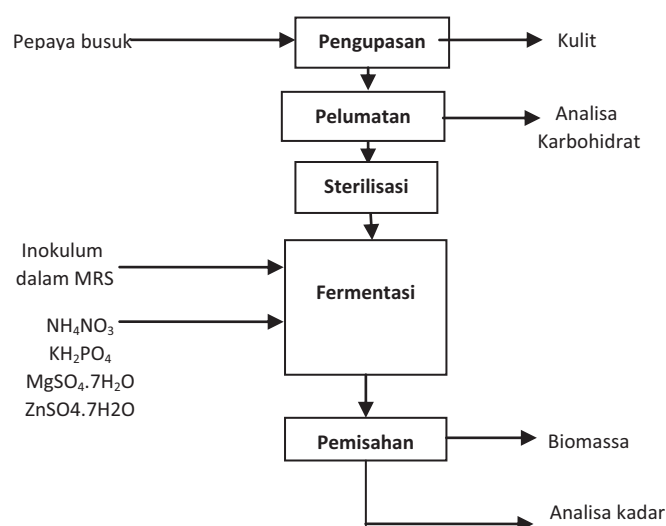
Dalam penelitian ini, untuk mencari kondisi optimum pada fermentasi asam laktat dari limbah pepaya menggunakan *L.plantarum* digunakan metode respon permukaan. Metode analisa permukaan ini merupakan kumpulan dari teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisa masalah, dimana beberapa variabel mempengaruhi sebuah respon, tujuannya adalah untuk mengoptimalkan respon tersebut [10]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH, %konsentrasi substrat dan rasio C/N terhadap %w/w yield asam laktat. Sehingga didapat kondisi optimum fermentasi asam laktat dari limbah pepaya.

Metodologi Penelitian

Bahan

Limbah pepaya diambil dari Pasar Banyumanik Semarang. Man, Rogosa and Sharpe (MRS agar) dan Bakteri *Lactobacillus plantarum* diperoleh dari Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM. NH_4NO_3 dengan C/N rasio (3:1-7:1), 0,022 g KH_2PO_4 , 0,2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dan 0,03 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,03 g $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 0,03 g $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 1 g/l asam sitrat digunakan sebagai nutrient dalam fermentasi.

Prosedur



Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

Karakterisasi Bahan Baku

Kadar glukosa dianalisa dengan metode titrasi. Langkah awal yaitu pembuatan glukosa standar. Sebanyak 1,25 gram glukosa anhidrit dilarutkan dalam aquadest sampai 500 ml kemudian dilakukan standarisasi kadar glukosa dengan pengambilan 5 ml glukosa standar, diencerkan sampai 100 ml, diambil 5 ml, pH dinetralkan lalu ditambahkan 5 ml fehling A dan 5 ml fehling B. Setelah itu, dititrasi dengan glukosa standar sambil dipanaskan 70°C sampai warna biru hampir hilang lalu ditambahkan 2 tetes MB. Titrasi dilanjutkan dengan glukosa standar sampai

warna biru menjadi merah bata. Banyaknya titran glukosa standar dicatat sebagai F.

Langkah selanjutnya yaitu analisa kadar glukosa pada sampel. 5 ml sampel diambil, lalu ditambahkan 5 ml fehling A dan 5 ml fehling B. Setelah itu dititrasi dengan glukosa standar sambil dipanaskan 70°C sampai warna biru hampir hilang lalu ditambahkan 2 tetes MB. Titrasi dilanjutkan dengan glukosa standar sampai warna biru menjadi merah bata. Banyaknya titran glukosa standar dicatat sebagai M [14].

$$\% S = \frac{(F-M) \left(\frac{V_{total}}{V_{titrasi}} \right) \left(\frac{V_{pengenceran}}{V_{yang diambil}} \right)}{V_{total} \times \rho} \times 0,0025 \times 100\%$$

Kadar air dianalisa dengan metode gravimetri. Tahap awal analisa adalah menimbang cawan kering yang akan digunakan dalam keadaan kosong. Kemudian meletakkan 3 gram limbah buah pepaya diatas cawan. Menimbang cawan dengan limbah buah pepaya. Meletakkan cawan berisi sampel dalam oven dengan suhu 100°C selama 1 jam. Kemudian memasukkan cawan kedalam desikator untuk didinginkan. Menimbang cawan dengan limbah buah pepaya yang telah didinginkan [13].

$$\% Air = \frac{\text{gram sampel basah + cawan} - (\text{gram sampel kering + cawan})}{\text{gram sampel basah + cawan} - (\text{gram cawan})}$$

Inokulasi Bakteri *Lactobacillus plantarum*

Inokulasi dilakukan dengan media Man, Rogosa and Sharpe (MRS agar). Sebanyak 12,5 gr MRS bubuk dipanaskan dalam 200 ml aquadest sambil diaduk sampai mendidih. Lalu dituangkan ke petridish masing-masing 50 ml dan ditunggu hingga memadat seperti agar. Bakteri *L. plantarum* yang masih berupa ampul dicairkan dengan aquadest secukupnya kemudian diteteskan keatas agar MRS yang telah memadat. Tetesan *L. plantarum* diratakan dengan kawat oase agar pertumbuhannya merata. Diamkan selama dua hari untuk perkembangan optimal [12].

Proses Fermentasi

Dengan memodifikasi penelitian terdahulu dibuat media cair sebanyak 200 ml

dari pencampuran substrat cair 2 % (w/v), NH₄NO₃ dengan C/N rasio (3:1), 0,022 g KH₂PO₄, 0,2 g MgSO₄.7H₂O, dan 0,03 g ZnSO₄.7H₂O, 0,03 g MnSO₄.H₂O, 0,03 g FeSO₄.H₂O, 1 g/l asam sitrat dan aquadest [5, 9, 11]. Media fermentasi dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan diatur pH (5,5 dan 6,5) dengan menambahkan 2% CaCO₃ untuk pH 5,5 dan 4% CaCO₃ untuk pH 6,5. Starter ditambahkan 5% ke dalam media fermentasi sebanyak 250 ml lalu ditutup rapat dengan alumunium foil [16]. Proses fermentasi dilakukan selama 72 jam pada suhu 37°C di inkubator shaker dengan kecepatan 100 rpm. Hasil fermentasi dianalisa kadar asam laktatnya setelah 72 jam.

Analisa Kadar Asam Laktat

Sebelum proses analisa, terdapat proses separasi hasil fermentasi menggunakan pompa vakum dan kertas saring. Proses separasi bertujuan untuk memisahkan asam laktat dengan biomassa. Kemudian yield asam laktat ditentukan dengan sistem HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) yang dilengkapi dengan detektor UV pada 210 nm. Sebuah Rezex ROA (300 x 7,8 mm, Phenomenex) kolom dielusi dengan 5 mM H₂SO₄ sebagai fase gerak dengan laju alir 0,4 mL/ menit dan suhu kolom dipertahankan pada 60°C [4].

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian diolah dengan *Central Composite Design* (CCD). Pada metode ini, terdapat beberapa batasan dalam penelitian berupa batas atas, batas bawah, serta batas kritis atas dan bawah yang biasa disebut dengan *star point*. Untuk memperoleh hasil terbaik, maka penelitian dilakukan dalam 20 percobaan dengan variabel berubah berupa pH, konsentrasi substrat dan rasio C/N.

x_i adalah kode dalam metode central composite design untuk menentukan model

dari independent variabel (X_i). Hubungan antara keduanya terdapat pada persamaan (1) [15].

$$x_i = \frac{X_i - X_{cp}}{\Delta X_i} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan X_{cp} merupakan variabel center point dan ΔX_i adalah selisih antar variabel batas dengan center point. Dalam kasus ini X_{cp} dan ΔX_i bernilai tetap yaitu (6, 4 dan 5) dan (0,5, 2 dan 2).

Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode respon permukaan (*Response Surface Metode*). Variabel respon dinyatakan dengan Y sedangkan variabel terikat dinyatakan sebagai X. Korelasi antara variabel respon dan terikat disajikan pada persamaan polynominal 2.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 - \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 - \beta_{11} X_1^2 - \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 - \beta_{12} X_1 X_2 - \beta_{13} X_1 X_3 - \beta_{23} X_2 X_3 \dots\dots\dots (2)$$

Dengan Y, β , X_1 , X_2 , dan X_3 merupakan yield asam laktat (%w/w), koefisien, pH, konsentrasi substrat (%w/w) dan Rasio C/N. Penentuan persamaan model dan penentuan kondisi optimal pada penelitian menggunakan bantuan software minitab 17.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Sebelum proses fermentasi, terdapat karakterisasi bahan baku yang bertujuan untuk mengetahui kandungan karbohidrat dan air pada bahan. Kandungan glukosa bahan ditentukan dengan metode titrasi, sedangkan kadar air dengan metode gravimetri. Kandungan buah pepaya busuk disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan buah pepaya busuk (100 gr)

No.	Unsur Gizi	Kadar/100 gram buah
1.	Kadar air (gr)	86,8
2.	Karbohidrat (gr)	12,2

Setelah fermentasi selama 72 jam, dilakukan analisa yield asam laktat menggunakan HPLC pada 20 variabel. Hasil penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil penelitian fermentasi asam laktat

RUN	X_1	X_2	X_3	Y
1	0	0	0	20.252
2	0	-1.68	0	19.878
3	+1.68	0	0	15.235
4	0	0	-1.68	16.842
5	+1	+1	+1	8.051
6	0	0	0	20.025
7	-1.68	0	0	9.190
8	0	+1.68	0	1.080
9	0	0	0	19.851
10	-1	+1	+1	0.846
11	+1	+1	-1	12.543
12	0	0	0	20.125
13	0	0	0	20.252
14	+1	-1	+1	34.842
15	-1	-1	+1	22.134
16	-1	+1	-1	1.882
17	0	0	0	20.221
18	+1	-1	-1	36.711
19	-1	-1	-1	14.419
20	0	0	+1.68	25.840

Persamaan Model Menggunakan *Response Surface Methods* (RSM)

Proses optimasi variabel dilakukan berdasarkan rancangan percobaan *central composite design* yang menyatakan hubungan antara 3 variabel bebas dengan yield. Persamaan model ditentukan melalui *response surface methods* (RSM) dengan bantuan program Minitab 17. Model disajikan pada persamaan matematis 3.

$$Y = 20.18 + 4.62 X_1 - 8.52 X_2 + 1.13 X_3 - 2.40 X_1^2 - 3.01 X_2^2 + 0.83 X_3^2 - 2.14 X_1 X_2 - 1.63 X_1 X_3 - 1.42 X_2 X_3 \dots\dots\dots (3)$$

Dari persamaan tersebut, dapat dilihat bahwa terdapat tiga efek yang mempengaruhi nilai Y (%w/w yield asam laktat) antara lain efek linier, efek kuadratik dan efek interaksi. Pengaruh ketiga efek diketahui dari nilai koefisiennya.

Pada efek linier, koefisien X_2 (%konsentrasi substrat) memiliki koefisien terbesar (-8.52). Sehingga X_2 (%konsentrasi substrat) berpengaruh besar terhadap penurunan %yield asam laktat. Tanda negatif mengindikasikan bahwa semakin besar %konsentrasi substrat yang digunakan akan menurunkan %yield asam laktat.

X_1 (pH) memiliki koefisien terbesar kedua (+4.62) dan X_3 (rasio C/N) adalah variabel ketiga yang berpengaruh (+1.13). Koefisien X_1 (pH) dan X_3 (rasio C/N) bertanda positif, sehingga memiliki pengaruh terhadap kenaikan %yield asam laktat. Hal ini berarti semakin tinggi pH dan semakin tinggi rasio C/N yang digunakan, akan meningkatkan nilai %yield asam laktat. Keseluruhan koefisien pada efek interaksi bertanda negatif menandakan interaksi antar dua variabel berpengaruh terhadap penurunan %yield asam laktat.

Analisa Varian

Analisa varian digunakan untuk mengevaluasi keakuratan dan signifikansi hasil perobaan yang diperoleh. Pada penelitian ini menggunakan annova dalam menentukan analisa varian. Dari tabel annova dapat diperoleh nila P-value dan F-value serta R^2 sebagai indikator. Analisa varian hasil percobaan disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Analisa Varian (ANOVA)

Source	SS	dF	MS	F-Value	P-Value
Model	1595.25	9	177.250	8.80	0.001
Linier	1300.47	3	433.491	21.51	0.000
(1) pH (L)	290.92	1	290.923	14.44	0.003
2) %Konsentrasi Substrat (L)	992.07	1	992.071	49.23	0.000
3) Rasio C/N (L)	17.48	1	17.480	0.87	0.374
Square	220.65	3	73.551	3.65	0.052
pH (Q)	83.12	1	83.115	4.12	0.070
Konsentrasi Substrat (Q)	130.95	1	130.951	6.50	0.029
Rasio C/N (Q)	9.83	1	9.830	0.49	0.501
2-Way Interaction	74.12	3	24.708	1.23	0.351
1L by 2L	36.70	1	36.697	1.82	0.207
1L by 3L	21.26	1	21.255	1.05	0.329
2L by 3L	16.17	1	16.171	0.80	0.391
Error	201.50	10	20.150		
Total SS	1796.75	19			

Untuk memeriksa signifikansi model, dapat dilihat P-value dari model pada Tabel 2. P-value = 0,001 lebih kecil dari derajat signifikansi $\alpha = 5\%$, hal ini menunjukkan bahwa model polynominal merupakan model yang tepat pada penelitian ini. Selain melihat P-value, dapat dilihat F-value untuk melihat

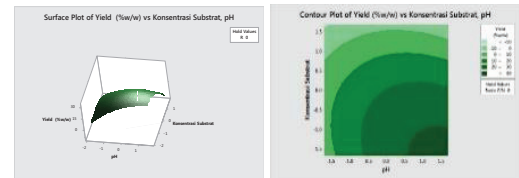
pengaruh variabel terhadap model dengan hipotesis H_0 : tidak ada pengaruh variabel terhadap model; dan H_1 : terdapat pengaruh variabel terhadap model. Nilai F hasil perhitungan (F_{model}) sebesar 8.80 lebih besar dibandingkan nilai F_{tabel} ($F_{0.05; 9,10} = 3.02$). Karena $F_{\text{model}} > F_{\text{tabel}}$ maka diambil keputusan untuk menolak H_0 yang artinya variabel-variabel independen x_i memberikan pengaruh terhadap model [10].

Keakuratan model ini juga dapat diketahui dari harga efisien determinasi, R^2 , yang mencapai 88,79%. Model dapat dinyatakan akurat apabila harga R^2 melebihi 70% sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai yang diperkirakan dengan model mendekati nilai yang diperoleh dari hasil percobaan. Hal ini menandakan bahwa 88,79% dari total variasi pada hasil yang diperoleh terwakili dalam model [7].

Pengaruh pH, %konsentrasi substrat dan rasio C/N terhadap %yield asam laktat

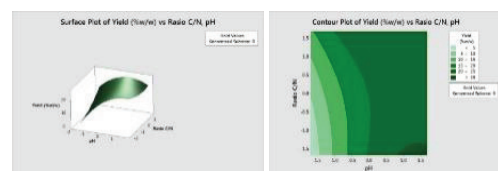
Kondisi operasi optimum dicari dengan melihat gambar optimasi 3 dimensi dan gambar kontur permukaan. Gambar optimasi 3 dimensi terdiri dari sumbu x, y, dan z, dimana sumbu x dan y merupakan variabel yang diujikan, sedangkan sumbu z menunjukkan nilai yield yang dapat diraih dari interaksi dua variabel yang diujikan. Sehingga, dari gambar optimasi 3 dimensi ini dapat dilihat nilai yield yang dapat dicapai dari interaksi 2 variabel yang diujikan. Grafik kontur permukaan terdiri dari sumbu x dan y, dimana sumbu x dan y tersebut merupakan variabel yang diujikan. Grafik kontur pada penelitian ini memiliki tipe rising ridge. Sedangkan grafik kontur permukaan tergambar daerah-daerah warna. Setiap warna menunjukkan rentan konsentrasi yield yang dihasilkan. Yield asam laktat yang paling besar berada di daerah yang berwarna memiliki warna permukaan hijau paling tua. Hubungan antara *surface plot* dan *contour plot* ini berdasarkan persamaan model yang

telah diperoleh. Pada *surface plot* dan *contour plot* tidak menghasilkan titik optimum dikarenakan nilai P-value linier $>$ P-value square [10]. *Surface plot* dan *contour plot* disajikan pada Gambar 2, 3, dan 4.



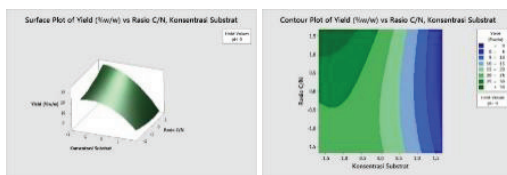
Gambar 2. *Surface plot* dan *contour plot* pengaruh pH vs %konsentrasi substrat terhadap %yield asam laktat

Pada Gambar 2, *surface plot* bukan merupakan grafik maksimum warna permukaan kontur semakin gelap seiring dengan penurunan konsentrasi substrat dan peningkatan pH. pH memiliki pengaruh positif terhadap peningkatan yield, dimana peningkatan pH menyebabkan peningkatan yield, sedangkan konsentrasi substrat memiliki pengaruh negatif terhadap peningkatan yield, dimana peningkatan konsentrasi substrat menyebabkan penurunan yield. Konsentrasi substrat memiliki pengaruh lebih besar dibandingkan pH. Hal ini ditunjukkan oleh koefisien pada persamaan model. Semakin besar koefisien, makin semakin besar pengaruh variabel terhadap respon. Yield paling besar dihasilkan pada kode level variabel konsentrasi substrat antara -1 dan -1.68. Sedangkan untuk pH diantara 0.6 dan 1.68 yang berarti bahwa



Gambar 3. *Surface plot* dan *contour plot* pengaruh pH vs rasio C/N terhadap %yield asam laktat

Pada Gambar 3, warna permukaan kontur semakin gelap seiring dengan penurunan rasio C/N dan peningkatan pH. Oleh karena itu, pada interaksi antara pH dengan rasio C/N, pH memiliki pengaruh positif terhadap peningkatan yield, dimana peningkatan pH menyebabkan peningkatan yield, sedangkan rasio C/N memiliki pengaruh negatif terhadap peningkatan yield, dimana peningkatan rasio C/N menyebabkan penurunan yield. pH memiliki pengaruh lebih besar dibandingkan rasio C/N. Hal ini ditunjukkan oleh koefisien pada persamaan model. Semakin besar koefisien, maka semakin besar pengaruh variabel terhadap respon. Yield paling besar dihasilkan pada kode level variabel rasio C/N antara -1,3 dan -1.68. Sedangkan untuk pH diantara 0.9 dan 1.68 yang berarti bahwa



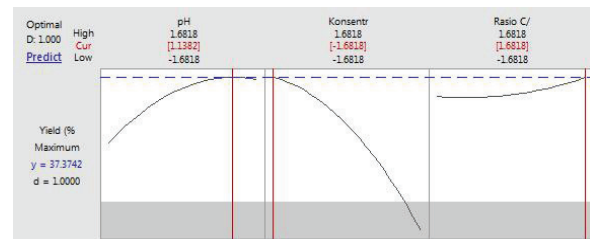
Gambar 4. Surface plot dan contour plot pengaruh rasio C/N vs %konsentrasi substrat terhadap yield asam laktat

Pada Gambar 4, warna permukaan kontur semakin gelap seiring dengan penurunan konsentrasi substrat dan peningkatan rasio C/N. Oleh karena itu, pada interaksi antara rasio C/N dengan konsentrasi substrat terhadap yield asam laktat, rasio C/N memiliki pengaruh positif terhadap peningkatan yield, dimana peningkatan rasio C/N menyebabkan peningkatan yield, sedangkan konsentrasi substrat memiliki pengaruh negatif terhadap peningkatan yield, dimana peningkatan konsentrasi substrat menyebabkan penurunan yield. Konsentrasi substrat memiliki pengaruh lebih besar dibandingkan rasio C/N. Hal ini ditunjukkan oleh koefisien pada persamaan model.

Semakin besar koefisien, maka semakin besar pengaruh variabel terhadap respon. Yield paling besar dihasilkan pada kode level variabel konsentrasi substrat antara -0,4 dan -1.68. Sedangkan untuk rasio C/N diantara -0,3 dan 1.68.

Kondisi Optimum Proses Fermentasi

Response fitted surface yang dihasilkan berbentuk parabola dan countour plot berbentuk oval. Hal ini menunjukkan bahwa jenis optimasi proses adalah sudah maksimal. Nilai kritis/ optimal untuk setiap variabel ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 5. Critical value tiap variabel

Dari Gambar 5, terlihat titik optimal untuk masing-masing variabel yang ditunjukkan garis berwarna merah. High (1.68) dan Low (-1.68) menunjukkan kode batas atas dan bawah variabel. Kode titik optimal untuk pH, %konsentrasi substrat dan rasio C/N berturut-turut yaitu 1.1382, -1.6818 dan +1.68. Untuk mengetahui independent variabel nilai optimalnya digunakan persamaan (3.1), sehingga menghasilkan nilai optimum pH, %konsentrasi substrat dan rasio C/N sebesar 6,57, 0,64 dan 8,36.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan penelitian yang merujuk pada tujuan penelitian antara lain yaitu model persamaan matematika untuk reaksi fermentasi pembentukan asam laktat adalah $Y = 20.18 + 4.62 X_1 - 8.52 X_2 + 1.13 X_3 - 2.40 X_1^2 - 3.01 X_2^2 + 0.83 X_3^2 - 2.14 X_1 X_2 - 1.63 X_1 X_3 - 1.42 X_2 X_3$. Berdasarkan harga koefisiennya, %konsentrasi substrat merupakan variabel yang berpengaruh besar

terhadap penurunan %yield asam laktat. Sedangkan pH dan rasio C/N memiliki pengaruh relatif kecil terhadap kenaikan %yield asam laktat. Kondisi optimum proses fermentasi dicapai pada pH, %konsentrasi substrat dan rasio C/N masing-masing sebesar 6,57, 0,64 dan 8,36.

Saran untuk penelitian lebih lanjut, *L(+)* asam laktat yang dihasilkan dari penelitian pendahuluan ini dapat dilanjutkan melalui polimerisasi kimia menjadi *Polylactic Acid* (PLA) Selain itu, untuk penelitian lebih lanjut, kulit pepaya juga dapat digunakan sebagai substrat fermentasi asam laktat dan konsentrasi bakteri perlu ditingkatkan dalam proses fermentasi karena pada analisa HPLC terdapat kandungan maltosa yang cukup besar.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih dan anugerah Nya, Bapak Dr. Siswo Sumardiono, S.T, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Bapak Prof. Ir. Abdullah, MS.Ph.D. selaku dosen pembimbing, dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini hingga penyusunan laporan.

Daftar Pustaka

- [1] Abdel-Rahman, M.A., Y. Tashiro, and K. Sonomoto. 2013. Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. *Biotechnol. Adv* 31:877–902.
- [2] Akin-Osanaiye, B.C., H.C. Nzelibe, and A.S. Agbaji. 2005. Production of ethanol from Carica papaya (pawpaw) agro waste : effect of saccharification and different treatments on ethanol yield. *African Journal of Biotechnology*. 4(July): 657–659.
- [3] Badan Pusat Statistik (BPS). 1995-2013.
- [4] Coelho, L.F., C.J.B. de Lima, C.M. Rodvalho, M.P. Bernardo, and J. Contiero. 2011. Lactic Acid Production by New *Lactobacillus plantarum* LMISM6 Grown in Molasses: Optimization of Medium Composition. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 28(01):77-36.
- [5] Chookietwattana, K. 2014. Lactic Acid Production from Simultaneous Saccharification and Fermentation of Cassava Starch by *Lactobacillus Plantarum* MSUL 903. *APCBEE Procedia* 8:156–160.
- [6] Gao, C., C.Q. Ma, and P. Xu. 2011. Biotechnological Routes Based on Lactic Acid Production from Biomass. *Biotechnol. Adv* 29:930–939.
- [7] Haaland, P.D. 1989. *Experimental Design in Biotechnology*. New York: Marcel Dekker Inc.
- [8] Narayanan, N., P.K. Roychoudhury, A. Srivastana. 2004. L (+) lactic acid fermentation and its product polymerization. *Electronic Journal of Biotechnology*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- [9] Nguyen, C. M., G.J. Choi, Y.H. Choi, K.S. Jang, and J.C. Kim. 2013. D- and L- Lactic Acid Production From Fresh Sweet Potato Through Simultaneous Saccharification and Fermentation. *Biochemical Engineering Journal* 81:40–46.
- [10] Nuryanti and Salimy Djati. 2008. *Metode Permukaan Respon dan Aplikasinya pada Optimasi Eksperimen Kimia*. Batan: Pusat Pengembangan Energi Nuklir.
- [11] Ouyang, J., R. Ma, Z. Zheng, C. Cai, M. Zhang, and T. Jiang. 2013. Open fermentative production of L-lactic acid by *Bacillus sp.* strain NL01 using lignocellulosic hydrolyzates as low-cost raw material. *Bioresource Technology* 135:475–80.
- [12] Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM. 2015. *Steps of Isolate L.plantarum*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [13] Wahyudi, J., dkk. 2011. Pengaruh suhu terhadap kadar glukosa terbentuk dan konstanta kecepatan reaksi pada hidrolisa kulit pisang. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” 2011*.
- [14] Wahyudi, M. 2006. Proses pembuatan dan analisis mutu yoghurt. *Buletin Teknik Pertanian*, 11(1), 12-16.
- [15] Yu, L., T. Lei, X. Ren, X. Pei, and Y. Feng. 2008. Response surface optimization of

L(+)-lactic acid production using corn steep liquor as an alternative nitrogen source by *Lactobacillus rhamnosus* CGMCC 1466. *Biochemical Engineering Journal* 39(3):496–502.

[16] Zhang, Z.Y., Bo Jin, and J.M. Kelly. 2007. Production of lactic acid and byproducts from waste potato starch by *Rhizopus arrhizus*: role of nitrogen sources. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 23(2):229-236.

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON AKTIF TERSULFONASI UNTUK HIDROLISIS BIOMASSA

Didi Dwi Anggoro*, Heru Susanto, Silviana

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

^aanggorophd@gmail.com

Abstrak

Metode yang umum digunakan dalam mengubah selulosa menjadi glukosa adalah hidrolisis asam. Namun, proses tersebut masih memiliki beberapa kekurangan, seperti prosesnya masih tergolong mahal, konversi yang masih rendah serta terdapat hasil samping berupa limbah asam. Melihat kondisi tersebut maka dibutuhkan cara lain untuk mengatasi masalah tersebut. Maka perlu dilakukan suatu modifikasi metode hidrolisis yang dapat mengoptimasi produksi glukosa yang didapatkan dan memiliki yield glukosa yang tinggi, murah dan ramah lingkungan. Metode tersebut yakni dengan proses hidrolisis menggunakan katalis heterogen berupa karbon aktif tersulfonasi. Karbon aktif tersulfonasi ini dibuat dari tempurung kelapa yang telah diaktivasi sebelumnya, kemudian disulfonasi dalam asam sulfat 98% pada variabel proses: temperatur (30, 50, 70°C), normalitas (4, 7, 10 N), dan waktu (2, 4, 6 jam). Hasilnya kemudian dicuci dan dikeringkan. Karakteristik katalis berupa uji struktur morfologi dengan SEM, luas permukaan katalis dengan BET, dan uji gugus fungsi dengan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji karakteristik katalis terbaik pada variabel proses 40 °C, 10 N, dan waktu sulfonasi selama 6 jam. Pada uji SEM struktur morfologi katalis karbon aktif lebih terbuka, untuk uji BET didapat luas permukaan sebesar 2219.484 m²/g, untuk uji FTIR keberadaan gugus sulfonat terbaca pada vibrasi bilangan gelombang 1750 cm⁻¹ dan 1379 cm⁻¹.

Kata Kunci: Arang Aktif Tersulfonasi, Karakterisasi, SEM, FTIR, BET

Abstract

A common method used in converting cellulose to glucose is acid hydrolysis. However, the process still has some shortcomings, such as the process is still relatively expensive, the conversion is still low and there is a byproduct of acid waste. Seeing these conditions it needed another way to resolve the issue. There should be a modification of the method of hydrolysis which can optimize the production of glucose were found to have a high glucose yield, cheap and eco-friendly. The method is the hydrolysis process using heterogeneous catalysts such as activated carbon sulfonated. Sulfonated activated carbon is made from coconut shell that had been activated previously, then sulfonated in 98% sulfuric acid in process variables: temperature (30, 50, 70 °C), normality (4, 7, 10 N), and time (2, 4, 6 hours). And then it is washed and dried. Characteristic morphology of the catalyst in the form of test structures with SEM, BET surface area of the catalyst, and test functional groups by FTIR. The results showed that the best test of a catalyst characteristics on the process variable 40°C, 10 N, and sulfonation time for 6 hours. In the test SEM morphological structure of activated carbon catalyst is more overt, to test obtained BET surface area of 2219.484 m² / g, and to test the presence of sulphonate group FTIR vibrational wave numbers legible at 1750 cm⁻¹ and 1379 cm⁻¹.

Keywords: *Activated Sulfonated Carbon, Characterization, SEM, FTIR, BET*

PENDAHULUAN

Karbon aktif atau arang aktif adalah suatu bahan hasil proses pirolisis arang pada suhu 600-900°C. Karbon aktif adalah bentuk dominan amorf karbon yang memiliki luas permukaan yang luar biasa besar dan volume pori. Karakteristik unik ini terkait dengan sifat serapnya, yang dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi fase cair maupun fase gas. Karbon aktif adalah adsorben yang sangat serbaguna karena ukuran dan distribusi pori-pori didalam matriks karbon dapat dikontrol untuk memenuhi kebutuhan pasar saat ini (Jüntgen, 1977). Keunggulan arang aktif adalah kapasitas dan daya serapnya yang besar karena struktur pori dan keberadaan gugus fungsional kimiawi di permukaan arang aktif seperti C=O, C2-, dan C2H-. Kualitas arang aktif ditunjukkan dengan nilai daya serap Iod di mana berdasarkan ketentuan dari SNI 06-3730-1995 arang aktif dinilai berkualitas bilamana nilai daya serap Iodnya mendekati 750 mg/g. Kualitas dari karbon aktif yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh bahan awal. Meskipun prosedur aktivasi digunakan terutama menentukan sifat kimia dari oksida permukaan dan luas permukaan produk yang dihasilkan, struktur pori-pori dan distribusi ukuran pori sebagian besar ditentukan oleh sifat dari bahan awal. Komposisi unsure karbon aktif yang dihasilkan dari bahan awal alami biasanya terdiri dari 85-90% C, 0,5% H, 0,5% N, 5% O, 1% S, dan keseimbangan 5-6% mewakili anorganik(abu) konstituen (Faust et al., 1983). Setiap bahan dengan karbon tinggi dan kadar abu rendah dapat digunakan sebagai baku material. Bahan baku untuk produksi karbon aktif meliputi sejumlah bahan karbon, terutama kayu, gambut, batubara coklat, batubara bitumen, lignit, batok kelapa, almond kerang, lubang dari persik dan buah-buahan lainnya, residu minyak bumi berbasis, residu pabrik pulp, dan resin pertukaran ion. (Balci, 1992)

Produksi karbon aktif dilakukan dengan dua metode aktivasi yakni aktivasi secara fisik dan kimia. Aktivasi fisik dilakukan dengan pemanasan suhu tinggi (karbonisasi) dengan tujuan untuk

mengurangi kandungan volatile bahan sumber untuk mengubahnya menjadi bentuk yang sesuai untuk aktivasi. Selama fase karbonisasi tersebut, kandungan karbon produk mencapai nilai sekitar 80 % (Balci, 1992). Selama karbonisasi sebagian besar unsur-unsur non-karbon, hidrogen dan oksigen yang pertama kali dikeluarkan dalam bentuk gas oleh dekomposisi pirolitik bahan awal dan atom karbon yang terbebaskan dikelompokkan ke dalam formasi kristalo grafit terorganisir yang dikenal sebagai kristalit graphitic dasar. Produk yang dihasilkan karbonisasi memiliki kapasitas adsorpsi kecil. Diperkirakan, setidaknya untuk karbonisasi pada suhu yang lebih rendah, bagian dari tar yang terbentuk tetap dalam pori-pori antara kristalit dan pada permukaannya. Bahan yang telah dikarbonasi tersebut sebagian dapat diaktifkan dengan pemanasan dalam aliran gas inert, atau pelarut yang sesuai, atau dengan reaksi kimia (misalnya, pemanasan dalam suasana uap sulfur pada suhu yang lebih rendah daripada reaksi dengan karbon berlangsung) (Smisek dan Cerny, 1970; Wigmans, 1985).

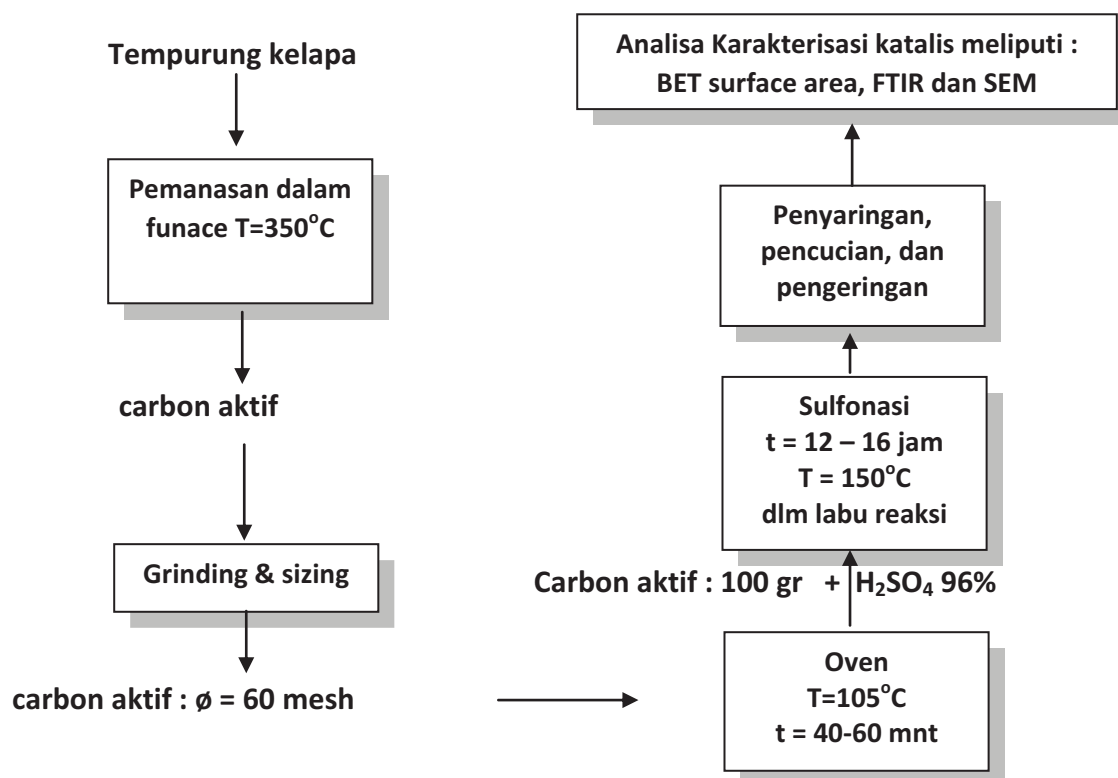
Sedangkan aktivasi karbon aktif secara kimia dilakukan dengan menambahkan zat berupa asam atau basa. Salah satu zat tersebut adalah H₂SO₄, dimana terdapat gugus asam sulfonat -SO₃H. Reaksi tersebut melibatkan penggabungan gugus asam sulfonat, -SO₃H, ke dalam suatu molekul ataupun ion (sulfonasi). Jenis-jenis zat pensulfonasi adalah -SO₃, H₂SO₄, oleum, persenyawaan SO₂, dan senyawa sulfoalkilasi. Sedangkan, zat-zat yang mengalami reaksi sulfonasi antara lain zat alifatik misalnya hidrokarbon jenuh, oleofin, alkohol, selulosa, senyawa aromatis, naphtalena, antraquinone dan lain sebagainya. Zat pensulfonasi yang paling efisien adalah SO₃ karena hanya melibatkan satu reaksi adisi secara langsung. SO₃ yang banyak digunakan adalah SO₃ dalam bentuk hidrat (oleum atau asam sulfat pekat) karena dengan SO₃ hidrat, air akan bertindak murni sebagai pelarut (Ulanira, 2009). Dalam penelitian ini akan dipelajari mengenai pengaruh konsentrasi H₂SO₄, suhu reaksi sulfonasi, waktu reaksi

sulfonasi terhadap struktur morfologi, luas permukaan katalis arang aktif.

METODE PENELITIAN

Proses pembuatan katalis menggunakan arang aktif dari bahan baku

tempurung kelapa pada pemanasan 350°C, asil karbon aktif kemudian dilakukan beberapa tahapan (gambar 1).



Gambar 1. Blok Diagram Pembuatan Katalis Arang Aktif Tersulfonasi

Karakterisasi katalis arang aktif yang tersulfonasi meliputi analisa gugus solfonat menggunakan FTIR, untuk ukuran butiran dan pori digunakan analisis BET, sedangkan untuk analisis struktur kristal menggunakan analisis SEM. Komposisi elemen ditentukan dengan bantuan SEM-EDS.

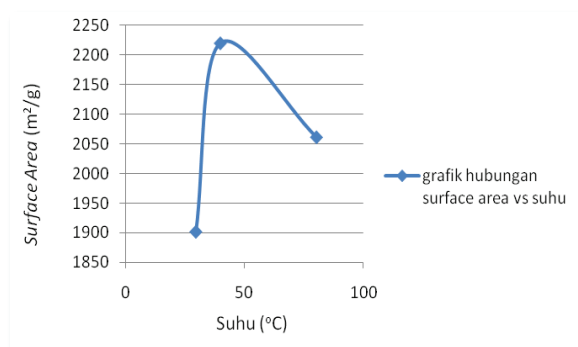
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Variabel Suhu Sulfonasi

Pada reaksi katalis heterogen terjadi reaksi adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisik, terjadi karena adanya gaya

mempunyai jarak jauh tapi lemah dan energi yang dilepaskan jika partikel teradsorpsi secara fisik mempunyai orde besaran yang sama dengan entalpi kondensasi. Sedangkan dalam adsorpsi kimia, jika molekul teradsorpsi bereaksi secara kimia dengan permukaan, fenomena ini disebut kemisorpsi. Karena ikatan kimia diputuskan dan dibentuk dalam proses kemisorpsi maka panas adsorpsi mempunyai range nilai yang sama dengan reaksi kimia (mencapai 400 KJ) (Castelan, 1982). Biasanya adsorpsi diikuti dengan pengamatan isotherm adsorpsi yaitu hubungan antara banyaknya zat yang

teradsorpsi persatuan berat adsorben dengan konsentrasi zat terlarut pada temperatur tertentu atau tetap yang dinyatakan dengan kurva (Oscik,1982).



Gambar 2. Grafik Hubungan *Surface Area* terhadap Suhu Sulfonasi

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa peningkatan suhu reaksi berpengaruh nyata terhadap terhadap struktur katalis dan *surface area*. Namun pengaruh tersebut tidak bersifat linier Hal ini dibuktikan pada suhu 80.23 °C memiliki *surface area* yang lebih kecil dibandingkan dengan suhu 40 °C. hal ini dimungkinkan karena terjadi penumpukan sulfat pada permukaan katalis, sehingga pori-pori menjadi renggang dan sedikit tertutup, dan sesuai teori yang dijelaskan bahwa pada reaksi adsorpsi fisik dilakukan pada suhu yang relatif rendah. Hasil karakteristik beberapa sampel katalis dapat dilihat di tabel 1.

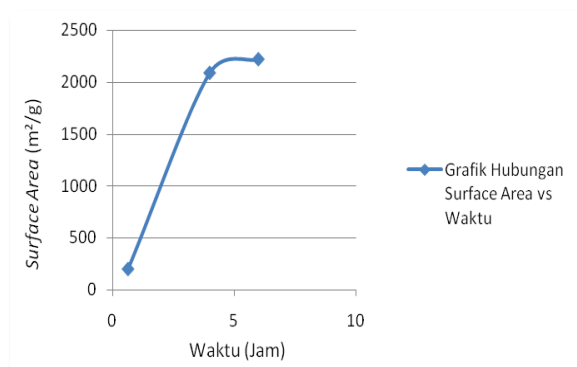
Tabel 1. Pengaruh Variabel Suhu Terhadap Karakteristik Katalis

No	Variabel	Morfologi	Gugus Fungsional	Surface Area
1	29 °C	tertutup	Terdapat SO ₃ H	1901.257
2	40 °C	rapat, terbuka	Terdapat SO ₃ H	2219.484
3	80 °C	renggang, terbuka	Terdapat SO ₃ H	2060.838

2. Pengaruh Variabel Waktu Sulfonasi

Dalam teorinya, waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam. (Bernasconi, 1995). Waktu kontak merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi proses penyerapan yang merupakan lamanya kontak antara adsorben (Karbon Aktif) dengan adsorbat (Sulfat). Dalam suatu proses adsorpsi, proses akan terus berlangsung selama belum terjadi suatu kesetimbangan, sehingga perlu dilakukan percobaan dengan memvariasikan waktu kontak. Pada penelitian ini variasi waktu kontak yang dilakukan mulai

dari 2 sampai 6 jam.



Gambar 3. Grafik Hubungan *Surface Area* terhadap Waktu Sulfonasi

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa pengaruh waktu berbanding lurus terhadap struktur katalis dan *surface area*, semakin lama waktu sulfonasi maka semakin besar *surface area* yang didapatkan. Hal ini dibuktikan pada suhu 6 jam memiliki *surface area* yang paling tinggi dibandingkan dengan waktu sulfonasi 4 jam dan 0.64 jam. Hal dikarenakan ikatan reaksi yang terjadi lebih lama sehingga pada permukaan katalis terbentuk pori-pori yang lebih terbuka. Hasil karakteristik beberapa sampel katalis dapat dilihat di tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Variabel Waktu Terhadap Karakteristik Katalis

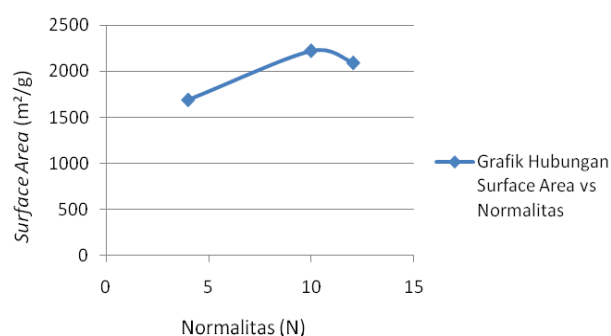
No	Variabel	Morfologi	Gugus Fungsional	Surface Area
1	0.64 jam	tertutup	Terdapat SO ₃ H	204.2004
2	4 jam	renggang, terbuka	Terdapat SO ₃ H	2088.941
3	6 jam	rapat, terbuka	Terdapat SO ₃ H	2219.484

3. Pengaruh Variabel Normalitas H₂SO₄

Secara umum konsentrasi pereaksi akan mempengaruhi laju reaksi, pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi adalah khas untuk setiap reaksi. Dalam teori kesetimbangan dijelaskan “Jikadalam

kesetimbangan, konsentrasi pereaksi ditambah atau diperbesar, maka kesetimbangan akan bergeser ke kanan (zat hasil) sehingga konsentrasi zat hasil bertambah sebaliknya, jika konsentrasi pereaksi di kurangi atau diperkecil, maka kesetimbangan bergeser ke kiri (pereaksi) sehingga konsentrasi pereaksi bertambah”.

Pada sistem kesetimbangan heterogen di dalam larutan, konsentrasi zat cair adalah tetap. Dengan demikian, perubahan konsentrasi zat padat dan zat cair dalam sistem kesetimbangan tidak berpengaruh terhadap pergeseran kesetimbangan namun pada reaksi heterogen ini, semakin tinggi konsentrasi berarti semakin banyak pereaksi yang tertempel pada molekul-molekul dalam setiap satuan luas.



Gambar 4. Grafik Hubungan *Surface Area* terhadap Normalitas

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa pengaruh variabel normalitas sulfat tidak berbanding lurus terhadap struktur katalis dan *surface area*, pada normalitas sulfat sebesar 12.05 N didapatkan *surface area* yang lebih kecil dibandingkan pada normalitas sulfat 10 N. Namun terjadi perbedaan *surface area* yang cukup signifikan pada normalitas sulfat sebesar 4 N dibandingkan dengan *surface area* dengan normalitas sulfat 10 N maupun 12 N. Hal dikarenakan jika reaksi atau kontak sulfat dengan normalitas yang terlalu tinggi terhadap permukaan katalis, hal tersebut akan menyebabkan pori-pori katalis tertutup oleh sulfat *excess*. Sehingga memiliki *surface area* yang lebih kecil. Hasil karakteristik beberapa sampel katalis dapat dilihat di tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Variabel Normalitas Terhadap Karakteristik Katalis

No	Variabel	Morfologi	Gugus Fungsional	Surface Area
1	4 N	tertutup	Terdapat SO ₃ H	1689.534
2	10 N	rapat, terbuka	Terdapat SO ₃ H	2219.484
3	12.05 N	renggang terbuka	Terdapat SO ₃ H	2088.941

KESIMPULAN

Arang aktif tersulfonasi dapat memenuhi syarat sebagai katalis reaksi heterogen pada hidrolisis biomassa karena memiliki karakteristik: kapasitas ion H⁺, dengan memiliki gugus HSO₃ (sulfonat), luas permukaan yang besar, dan struktur morfologi yang bersifat *amorf*. Karakterisasi katalis karbon aktif dengan proses sulfonasi dipengaruhi oleh suhu pengadukan, waktu pengadukan dan normalitas sulfat. Hasil penelitian menunjukkan untuk uji karakteristik pada variabel 4 (suhu pengadukan 40°C, normalitas sulfat 10 N, lama pengadukan 6 jam) adalah kondisi terbaik membuat katalis karbon aktif tersulfonasi. Hal ini dikarenakan untuk uji BET, memiliki *surface area* yang paling besar yaitu 2219.484 m²/g, untuk uji FTIR keberadaan gugus sulfonat terbaca pada vibrasi pada bilangan gelombang 1750 cm⁻¹ dan 1379 cm⁻¹, pada uji SEM struktur morfologi katalis lebih terbuka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Fakultas Teknik UNDIP yang telah membiayai penelitian ini dari Dana DIPA Fakultas Teknik UNDIP SP No: 3831/UN7.3.3/PG/2015, tanggal 7 April 2015.

DAFTAR PUSTAKA

Balci, (1992), *Alcohol Fuels: Policies, Production and Potential*, West view

Press (Boulder), Colorado, 1-19; 37-80.

Bernasconi, (1995), *Biosources Technology*. 98, 2415-2457.

Castelan, (1982), *Fuel Ethanol from Biomass: Production, Economics and Energy*, Biotech. Bioeng., __, 119-151.

Faust, (1983), *Topics in Catalysis*, Vol. 52, 801-807.

Juntgen, (1977), *Bioresources Technology*. 91, 179-188.

Oscik, (1982), *Biotech. Bioeng. Symp.* 13, 287-298.

Smisek and Cerny, (1970), *Bioresources*, 2(3), 472-499.

Ulanira, (2009), *BioResources*, 2(4), 707-738.

Wigmans, (1985), *Journal of Natural Chemistry*, vol. 9 No. 3, 205-211.

Hidrolisa Bioetanol dari Limbah Pisang (Bonggol Pisang)

Luqman Buchori^{a*}, Setia Budi Sasongko^b, Didi Dwi Anggoro^c dan Nita Aryanti^d

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50239, Telp/Fax: (024)7460058

^aluqman.buchori@gmail.com, ^bsbsemar@yahoo.com, ^canggorophd@gmail.com,
^dnita.aryanti@gmail.com

Abstrak

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol dapat juga diartikan sebagai bahan kimia yang diproduksi dari bahan pangan yang mengandung pati, seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, dan sagu. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan bioetanol dari bonggol pisang secara hidrolisa asam dan fermentasi menggunakan mikroba *Saccaromyces cereviceae*. Pada penelitian ini menggunakan variable tetap untuk hidrolisa yaitu suhu 80 °C, konsentrasi HCl 0,1 N dan untuk fermentasi pH: 5, suhu: 30 °C (suhu kamar), dengan mikroba *Saccaromyces cereviceae*. Sedangkan untuk variabel berubah yaitu penambahan starter (4%, 6%, 8 % starter) dan waktu fermentasi (1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari). Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa pada variabel penambahan starter dan lama fermentasi diperoleh kadar etanol paling tinggi adalah pada starter 4%, fermentasi 4 hari yaitu 10,03% v/v, untuk starter 6%, fermentasi 4 hari yaitu 11,19% v/v, dan untuk starter 8%, fermentasi 5 hari yaitu 12,20% v/v. Sedangkan kadar total (ml etanol / kg bonggol pisang) tertinggi adalah pada penambahan starter 8% dan lama fermentasi 5 hari yaitu 912.9003 (ml etanol / kg bonggol pisang). Pada fermentasi ini menggunakan substrat bonggol pisang dengan kadar air 22,25% dan kadar glukosa setelah dihidrolisa adalah 13,56%.

Kata kunci : bioetanol, fermentasi, kadar etanol, kadar total, *saccaromyces cereviceae*

Pendahuluan

Penurunan cadangan sumber daya energi konvensional serta meningkatnya populasi manusia sangat kontradiktif dengan kebutuhan energi bagi kelangsungan hidup manusia beserta aktivitas ekonomi dan sosialnya. Kurang lebih 90% bioetanol dunia berasal dari tanaman pangan, dimana 60% berasal dari gula tebu dan gula bit, sedangkan sisanya adalah bahan berpati terutama pati jagung [1]. Telaah menyarankan bahwa bahan baku pati tradisional merupakan biomassa yang melimpah karena mengandung lignoselulosa, polisakarida (selulosa dan hemiselulosa) tinggi dan biaya yang rendah [2].

Dalam penelitian ini digunakan umbi batang (bonggol) pisang sebagai bahan baku

pembuatan bioetanol karena bonggol pisang memiliki komposisi 76% pati, 20% air, sisanya adalah protein dan vitamin [3]. Metode hidrolisis asam nampaknya solusi yang paling tepat, dimana memiliki keuntungan antara lain tidak adanya kebutuhan loading enzim karena harga enzim yang relative mahal, hasil etanol lebih tinggi, dan mengurangi resiko kontaminasi, gula hasil hidrolisis tidak menghambat proses hidrolisis itu sendiri dan reaksi jauh lebih cepat dibandingkan dengan hidrolisis enzim. Selain itu metode ini tidak memerlukan *pretreatment* bahan baku yang lama untuk siap dihidrolisa, sehingga dapat menekan tingginya biaya produksi.

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan kadar etanol yang terbaik dari hasil

dekomposisi mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* terhadap bonggol pisang, mendapatkan persentase starter dan waktu terbaik untuk menghasilkan etanol pada proses fermentasi, menghitung kadar total bioetanol dari bonggol pisang dengan mengetahui kondisi operasi dari masing-masing variabel.

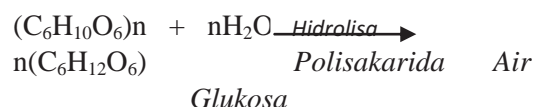
Manfaatnya masyarakat dapat mengurangi limbah tanaman pisang khususnya bonggol pisang dan mengolahnya menjadi bioetanol sehingga dapat menaikkan nilai tambah bonggol pisang menjadi bahan kimia yang bernilai ekonomis, industri etanol di Indonesia dapat memanfaatkan bonggol pisang sebagai alternatif bahan dasar pembuatan bioetanol, sebagai referensi dan pengembangan potensi bonggol pisang sebagai bahan baku biomassa untuk pembuatan bioetanol.

Bonggol pisang dapat dimanfaatkan untuk diambil patinya, pati ini menyerupai pati tepung sagu dan tepung tapioca [3]. Potensi kandungan pati bonggol pisang yang besar dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan bakar yaitu, bioetanol. Hal ini karena bonggol pisang memiliki kadar pati tinggi, potensi hasil yang tinggi, selain itu juga umur panen dan usaha tani lebih fleksibel [4].

Tabel 1. Komposisi kimia bonggol pisang [5]

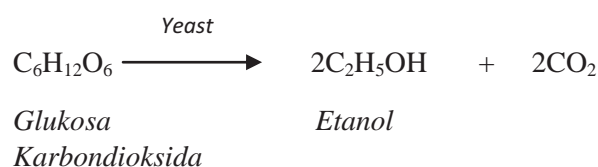
Komponen	Basah	Kering
Pati (%)	96	76
Kalori (%)	43	425
Protein (%)	0,6	3,4
Karbohidrat (%)	11,6	66,2
Ca (%)		150
P (%)	0,5	2
Fe (%)	0,11	0,04
Vitamin (%)	12	4
Air (%)	86	20

Hidrolisa pati merupakan perubahan molekul pati menjadi monomernya atau unit-unit penyusunnya seperti glukosa [6] :



Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap proses hidrolisis antara lain, waktu hidrolisis, ukuran partikel, konsentrasi katalis, pengadukan, suhu hidrolisis.

Fermentasi adalah perubahan 1 mol glukosa menjadi 2 mol etanol dan 2 mol CO₂ [7], dengan mengaktifkan mikroba tertentu dengan tujuan mengubah sifat bahan agar dihasilkan suatu yang bermanfaat [8].

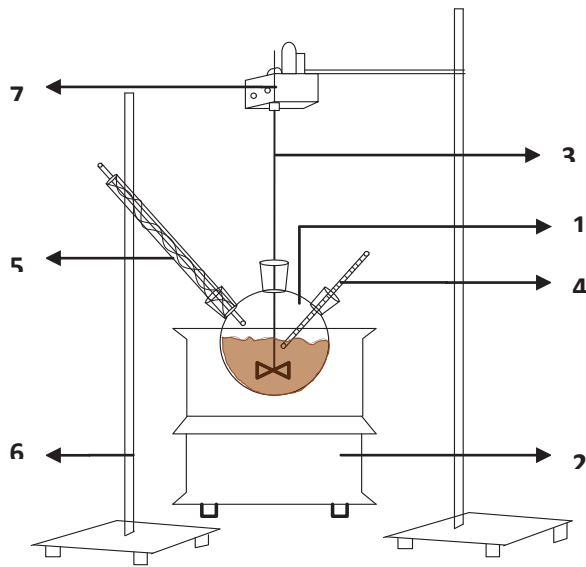


Penelitian yang telah dilakukan antara lain adalah para peneliti dari Pusat Studi Energi (PSE) Terbarukan Universitas Tanjungpura (Untan) Pontianak telah melakukan kajian awal pemanfaatan pisang sebagai bahan baku biofuel dan sudah dicoba di sepeda motor. Dalam suatu studi dengan bahan baku pisang matang dan proses fermentasi dengan menggunakan ragi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ragi dengan fermentasi yang baik, yang dapat meningkatkan etanol hasil dan meminimalkan biaya produksi, dapat diperoleh dari kulit pisang masak. Benitez *et al.* [9], menjelaskan bahwa ragi yang dapat tumbuh dengan baik sebesar 10% (V/V) dan cukup baik sebesar 15% (V/V) ethanol.

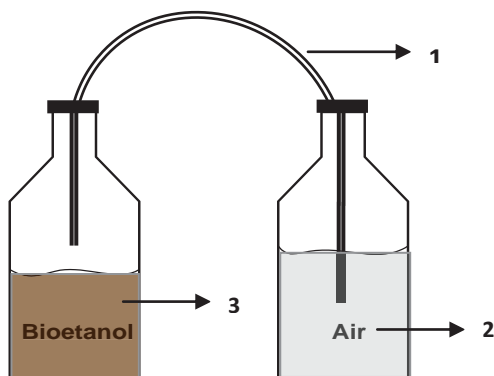
Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung bonggol pisang, Ragi *Saccaromyces cereviceae*, Glukosa Anhidrat 0,0025 N, HCl 0,1 N, NaOH 0,1 N, Urea ((NH₂)₂CO), Ammonium Sulfat ((NH₄)₂SO₄), dan Magnesium Sulfat (MgSO₄). Rangkaian

alat hidrolisa dan fermentasi tersaji pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Rangkaian alat hidrolisa: (1) labu leher tiga, (2) waterbath, (3) pengaduk, (4) termometer, (5) pendingin balik, (6) statif dan klem, (7) motor pengaduk



Gambar 2. Rangkaian alat fermentasi : (1) selang, (2) botol isi air, (3) botol fermentor

Penelitian dibagi menjadi 3 tahap. Tahap pertama adalah pembuatan tepung (pati) bonggol pisang. Pada tahap ini air sebanyak 800 mL ditambahkan ke dalam 100 gram tepung (pati) bonggol pisang. Campuran ini kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk dan kontrol suhu. HCl sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam labu leher tiga kemudian dipanaskan sampai suhu 80 °C dengan diaduk selama 60 menit. Bubur hasil hidrolisa disaring untuk dipisahkan dari

residunya. Kandungan glukosa yang terdapat dalam filtrat dianalisa dengan analisa fehling.

Tahap kedua adalah pembuatan starter. Tahap ini dilakukan dengan pembuatan larutan glukosa dengan menambahkan 25 gram glukosa anhidrat 0,0025N dan aquades 500 ml. Sebagai nutrisi ditambahkan 0,2 gram ammonium sulfat, 0,2 gram urea, dan 0,2 gram magnesium sulfat. Larutan dididihkan agar steril. Setelah larutan benar-benar mendidih kemudian didinginkan pada suhu kamar. Sebanyak 5 gram ragi roti fermipan yang mengandung biakan murni *Saccaromyces cereviceae* dilarutkan ke dalam 20 ml aquades dan dipanaskan pada suhu $\pm 43^{\circ}\text{C}$. Campuran ini kemudian ditambahkan ke dalam larutan gula tersebut. pH diatur antara 4-5 dan larutan diaerasi selama 2 hari dengan menggunakan aerator.

Tahap ketiga adalah proses fermentasi. Proses fermentasi dilakukan dengan mengatur suhu dan pH larutan hidrolisa pada 30°C 5 dengan menambahkan NaOH. Starter dimasukkan ke dalam larutan hidrolisa sebanyak 4%, 6%, dan 8% kemudian dimasukkan ke dalam botol fermentor dan diinkubasi selama 1, 2, 3, 4, dan 5 hari pada suhu kamar. Kemudian dipisahkan dengan centrifuge.

Hasil dan Pembahasan

Analisa kadar air

Hasil analisa kadar air dari bonggol pisang adalah 22,25%. Berdasarkan Dirjen Gizi [5], kadar air pada bonggol pisang basis kering adalah 20%.

Analisa proses hidrolisis

Kadar glukosa hasil hidrolisa

Bonggol pisang memiliki kandungan glukosa yang akan difermentasi menjadi etanol. Setelah pati bonggol pisang dihidrolisa maka terbentuklah cairan yang mengandung glukosa. Berdasarkan analisa dengan fehling, bonggol pisang yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kadar glukosa

13,56%. Menurut Munadjim [10], kadar glukosa yang dimiliki bonggol pisang mencapai 10-18%.

Konversi reaksi hidrolisa

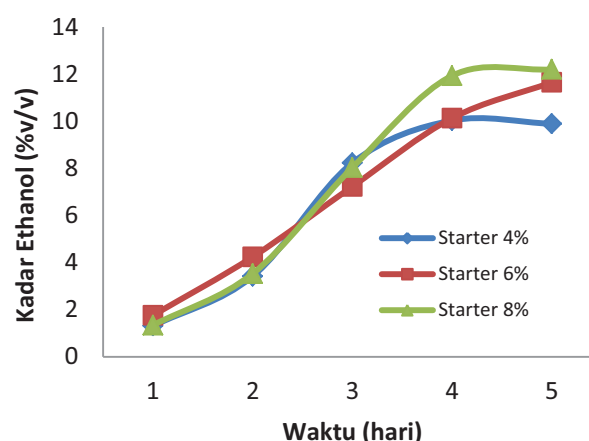
Bonggol pisang mempunyai kadar glukosa 13,56%, maka berdasarkan perhitungan didapatkan konversi reaksi hidrolisa pati bonggol pisang menjadi glukosa adalah 85,095%, dan konsentrasi glukosa terbentuk 1,159 mol/L.

Analisa proses fermentasi

- Pengaruh jumlah starter yang ditambahkan dengan konversi glukosa

Tabel 2. Hasil analisa kadar dari berbagai penambahan starter

Variabel Fermentasi	Waktu (hari)	Konversi glukosa (% mol)	Kadar etanol (% v/v)
4 % starter	1	9.690959	1,310
	2	25.30006	3,420
	3	60.88289	8,230
	4	74.19871	10,03
	5	73.16304	9,890
6 % starter	1	13.01991	1,760
	2	31.36616	4,240
	3	53.48521	7,230
	4	74.93848	11,19
	5	86.18295	11,65
8 % starter	1	9.912889	1,340
	2	26.11380	3,530
	3	59.40336	8,030
	4	88.25430	11,93
	5	90.25168	12,20



Gambar 3. Hubungan waktu fermentasi dengan kadar etanol dari berbagai starter

Dari Gambar 3 terlihat bahwa pada hari ke-1 dan ke-2, dengan penambahan starter 6% dihasilkan kadar etanol yang lebih besar dibandingkan dengan starter 4% dan 8%. Hal ini disebabkan pertumbuhan *saccharomyces cereviceae* lebih cepat seiring dengan banyaknya persediaan makanan (substrat) dan *saccharomyces cereviceae* telah beradaptasi terhadap lingkungan dengan baik. Sedangkan pada hari ke-4 dan ke-5 penambahan starter 8% dihasilkan kadar etanol lebih besar dibandingkan dengan starter 4% dan 6%. Hal ini disebabkan *saccharomyces cereviceae* tumbuh dengan drastis dan persediaan nutrisi yang menunjang pertumbuhan *saccharomyces cereviceae* masih banyak karena seiring penambahan starter lebih besar. Pada penambahan starter 4% kadar etanol yang dihasilkan pada hari ke-4 lebih besar dari hari ke-5 maka tidak banyak mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena sebagian besar glukosa telah diubah menjadi etanol, serta nutrisi yang ada sudah menipis, sehingga menyebabkan sebagian besar *saccharomyces cereviceae* mati. Sedangkan pada penambahan starter 6% dan 8% kadar etanol yang dihasilkan pada hari ke-5 lebih besar dari hari ke-4. Hal ini disebabkan nutrisi yang masih banyak untuk menunjang pertumbuhan *saccharomyces cereviceae*.

Dari ketiga starter maka semakin banyak nutrisi yang ditambahkan maka kadar etanol akan semakin besar. Nutrisi yang ditambahkan adalah ZA, urea, dan $MgSO_4$.

Nutrien ini akan menyediakan unsur makro (C dan N) yang sangat dibutuhkan *saccaromycess cereviceae* untuk hidup. Pada hari 1-4 terjadi kenaikan kadar etanol yang drastis. Hal ini disebabkan *saccaromycess cereviceae* tumbuh dengan drastis dan persediaan nutrisi yang menunjang pertumbuhan *saccaromycess cereviceae* masih banyak. Akan tetapi memasuki hari ke 5, kadar etanol tidak banyak mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena sebagian besar glukosa telah diubah menjadi etanol, serta nutrisi yang ada sudah menipis, sehingga menyebabkan sebagian besar *saccaromycess cereviceae* mati. Penambahan nutrisi dan konversi glukosa yang optimum adalah pada starter 8% dengan waktu fermentasi 5 hari.

b. Pengaruh Waktu Fermentasi dengan Kandungan Etanol yang Dihasilkan

Tabel 3. Hasil kadar etanol total berbagai penambahan starter

Variabel fermentasi	Waktu (hari)	Kadar etanol (% v/v)	Kadar total (ml / kg bonggol pisang basis kering)
4 % starter	1	1.310	98.02454
	2	3.420	255.9114
	3	8.230	615.8336
	4	10.03	750.5238
	5	9.890	740.0479
6 % starter	1	1.760	131.6971
	2	4.240	317.2703
	3	7.230	541.0057
	4	10.13	758.0066
	5	11.65	871.745
8 % starter	1	1.340	100.2694
	2	3.530	264.1425
	3	8.030	600.868
	4	11.93	892.6968

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa semakin lama proses fermentasi maka akan semakin banyak kadar total etanol yang dihasilkan. Kadar total etanol maksimum yang didapat pada penambahan starter 4% yaitu fermentasi hari ke-4, namun pada hari ke-5 kadar total etanol mengalami penurunan. Hal ini disebabkan *saccaromyces cereviceae* telah memasuki *dead phase*, dimana sebagian besar *saccaromyces cereviceae* telah mati karena kurangnya nutrisi yang menunjang kehidupannya. Sedangkan pada penambahan starter 6% dan 8% kadar total etanol maksimum didapat pada fermentasi hari ke-5. Hal ini dikarenakan waktu fermentasi yang digunakan masih memungkinkan bagi *saccaromyces cereviceae* untuk mengkatalis reaksi pembentukan etanol. Sedangkan jika waktu fermentasi ditambah maka etanol yang dihasilkan akan dijadikan substrat oleh *saccaromyces cereviceae* dalam proses metabolismenya. Berdasarkan jumlah nutrisi yang ditambahkan, penambahan starter sebanyak 8% memberikan kadar total etanol yang paling banyak. Semakin banyak nutrisi yang dihasilkan, maka semakin baik pertumbuhan *saccaromyces cereviceae*, sehingga memicu proses penambahan glukosa menjadi etanol semakin banyak pula.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa bonggol pisang telah didekomposisi (fermentasi) menjadi etanol dengan menggunakan ragi *saccaromycess cereviceae*. Waktu fermentasi dan nutrisi yang diberikan mempengaruhi produksi alkohol yang dihasilkan oleh *saccaromycess cereviceae*. Kadar alkohol tertinggi dalam fermentasi bonggol pisang yang diukur dengan metode alkohol meter atau *hydrometer* dan Oksidasi dikromat diperoleh pada sampel dengan starter 8% dan lama fermentasi 5 hari yaitu sebesar 12,2 %v/v. Kadar etanol total tertinggi diperoleh dari perhitungan adalah pada sampel dengan starter 8% dan lama fermentasi 5 hari yaitu sebesar 912.9003 ml etanol / kg bonggol

pisang dengan konversi glukosa menjadi etanol sebesar 88.77214 % mol.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Fakultas Teknik yang telah membiayai penelitian ini melalui Alokasi Dana DIPA Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Tahun Anggaran 2015 sesuai dengan Surat Perjanjian Nomor : 3820/UN7.3.3/PG/2015 tanggal 07 April 2015.

Referensi

- [1] J. Zaldivar, J. Nielsen, Olsson, Fuel ethanol production from lignocellulose: a challenge for metabolic engineering and process integration, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56 (2001) 17-34
- [2] T. Anindyawati, Prospek Enzim Dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol, Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Bogor, 2009.
- [3] Yuanita, Pabrik Sorbitol dari Bonggol Pisang (*Musa Paradisiaca*) dengan Proses Hidrogenasi Katalitik, *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, ITS, Surabaya, 2008.
- [4] Prihandana, Bioetanol Ubi kayu Bahan Bakar Masa Depan, Agromedia, Jakarta, 2007.
- [5] Dir. Gizi, Daftar komposisi Bahan Makanan (<http://www.pewarta-kabarindonesia.blogspot.com/>)
- [6] D. Trifosa, Konversi Pati Jagung Menjadi Bioetanol, *Skripsi*, Program Studi Kimia FMIPA ITB. Bandung, 2007.
- [7] S. Fardiaz, *Fisiologi Fermentasi*, Lembaga sumberdaya informasi, IPB, 1988.
- [8] E. Widayati, Y. Widadlestari, Limbah Untuk Pakan Ternak, PT. Trubus Agrisarana, Surabaya, 1996.
- [9] T. Benitez, L. Del Castillo, A. Aguilera, J. Conde, EC. Oimedo, Selection of wine yeasts for growth and fermentation in the presence of ethanol and sucrose, *Appl. Environ. Microbiol.* (45)5 (1983) 1429-1436
- [10] Munadjim, *Teknologi Pengolahan Pisang*, PT Gramedia, Jakarta, 1983.

PENGERINGAN BATUBARA SUB-BITUMINUS DENGAN METODE UNGGUN FLUIDISASI

Muhamad Januar Ashari^a dan Suherman^{b*}

Program Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Jl. Prof. Soedharto, S.H., Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

^aharijanuar@yahoo.com, ^bhermancrb@gmail.com

Abstrak

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki cadangan batubara yang besar, sehingga bahan bakar tersebut dipakai oleh beberapa industri seperti semen dan baja. Batubara di Indonesia adalah batubara dengan kualitas rendah yang memiliki *moisture content* cukup tinggi dan nilai kalor yang rendah. Dibutuhkan proses pengeringan untuk meningkatkan kualitas batubara. Metode *Fluidized Bed Drying* (Pengeringan Unggun Fluidisasi) dipilih karena memiliki efisiensi yang baik. Penelitian ini dilaksanakan untuk memperoleh kurva pengeringan batubara dan mengetahui pengaruh suhu udara pengering dan ukuran partikel batubara terhadap pengeringan batubara menggunakan unggun fluidisasi. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu preparasi bahan baku batubara (*Size Reduction*), analisa *moisture content* awal, proses pengeringan, dan terakhir analisa akhir *moisture content*. Alat yang digunakan adalah *Fluidized Bed Dryer* (Pengering Unggun Terfluidisasi), *Humidity & temperature meter*, *stopwatch*, dan *test sieve*. Analisa kadar air atau *moisture content* dengan menggunakan metode gravimetri dengan oven. Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa selama proses pengeringan, kandungan air dalam batubara terus menurun tiap waktu dan laju pengeringan terus menurun, proses pengeringan tidak memiliki periode laju pengeringan konstan, dan semakin tinggi suhu udara pengering dan semakin kecil ukuran partikel batubara selama proses pengeringan maka semakin kecil kandungan air pada batubara dan laju pengeringan cenderung menurun.

Kata kunci : batubara, *fluidized bed drying*, kalor, kandungan air, *moisture content*, pengeringan unggun fluidisasi.

LATAR BELAKANG

Batubara merupakan salah satu bahan bakar terpenting dengan presentase pemakaian 40% pada seluruh pembangkit listrik di Dunia dan dipakai juga sebagai bahan baku sintesa senyawa kimia. Indonesia kaya akan batubara, sehingga bahan bakar tersebut dipakai oleh beberapa industri. Batubara yang melimpah ruah di Indonesia termasuk pada kategori kelas rendah (*Low Rank Coal*) mencapai 60%, dimana terdapat kandungan air melebihi 25% [1]. Batubara kelas rendah memiliki nilai kalori rendah dan berbagai karakteristik yang tidak menguntungkan, kadar abu yang tinggi, banyak mengandung mineral pengotor, dan berakibat pada biaya transportasi yang lebih

mahal, dan kurang baik digunakan pembakaran langsung [2]. Terdapat cara untuk melakukan *upgrading* yaitu penurunan kadar air dengan pengeringan dan dapat meningkatkan nilai yang disebut juga sebagai teknologi pengeringan batubara. Teknik pengeringan konvensional yang ada saat ini kurang efisien dan memerlukan pengeringan dengan efisiensi yang lebih baik [15]. Terdapat teknik lain dalam meningkatkan kualitas batubara yaitu dengan metode *dewatering coal* [3].

Pengeringan batubara sering dilakukan pada setiap kegiatan industri terutama pada pembangkit listrik yang menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas dari

batubara tersebut, seperti mengurangi kadar air, meningkatkan nilai kalor, dan mengurangi polusi [4]. Metode pengeringan paling konvensional adalah dengan menggunakan tenaga matahari dan diletakan dilapangan. Metode tersebut kurang efektif untuk mengeringkan batubara dan hanya efektif sebagai penyimpanan sementara batubara sebelum masuk proses seperti yang dilakukan oleh PT. Indonesia Power Semarang. Beberapa studi terdahulu ada yang menggunakan *Steam drying*, memiliki kelebihan efisiensi yang lebih tinggi dan mengurangi potensi kehilangan *volatile matter*, namun memiliki kelemahan waktu pengeringan yang lebih lambat dan biaya yang lebih tinggi [5]. Studi yang lain menggunakan teknik *convective drying*, memiliki kelemahan kurang meratanya pengeringan [6]

Dengan beberapa kelemahan metode pengeringan tersebut, terdapat metode pengeringan yang lebih efisien dan memiliki waktu pengeringan lebih cepat, yaitu pengeringan dengan metode unggul terfluidisasi [16]. Selain itu, metode unggul terfluidisasi dapat menggunakan medium pengering yang lebih murah seperti gas buang hasil pembakaran ketel uap [3]. Beberapa hal yang mempengaruhi laju pengeringan batubara dengan metode unggul terfluidisasi atau *fluidized bed drying* yaitu humiditi udara pengering, tinggi unggul, ukuran partikel, laju alir udara pengering dan suhu. Maka dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh suhu udara pengering dengan ukuran partikel selama proses pengeringan batubara. Akan dilakukan kajian mendalam pengeringan batubara sub-bituminus yaitu memperoleh kurva pengeringan batubara sub-bituminus menggunakan unggul terfluidisasi. Diharapkan hasil penelitian dapat diterapkan di industri dan digunakan sebagai referensi penelitian lanjutan.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan sampel batubara kualitas rendah (Sub-bituminus) dengan kadar air 51.7 % basis kering. Alat yang digunakan adalah unggul

fluidisasi operasi batch, rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 1.

Persiapan Bahan Baku

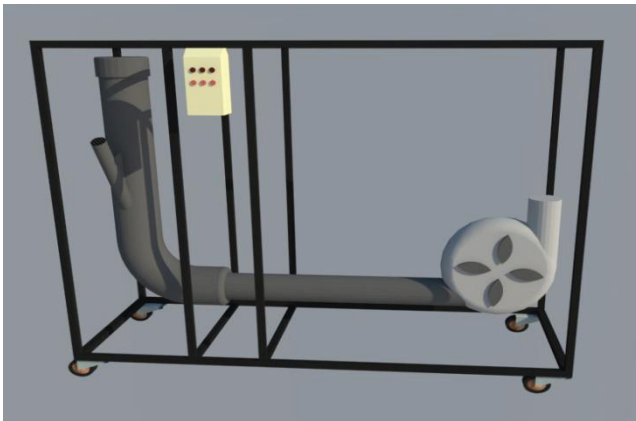
Batubara tipe sub-bituminus dihancurkan manual menggunakan palu melalui proses size reduction dan diayak menggunakan test sieve sampai diameter 1.18-4.75 mm dan dibagi sesuai dengan variabel.

Tahap Pengeringan Menggunakan Fluidized Bed Dryer

Eksperimen dimulai dengan mengukur kecepatan fluidisasi. Suhu udara masuk (Tgi) divariasikan yakni 40, 50, dan 60°C. Proses eksperimen dimulai dengan menyalakan *blower* yang akan mengalirkan udara pengering. Selanjutnya, pemanas udara diatur posisinya sesuai yang dikehendaki, misalkan suhu 40°C. Setelah suhu udara pengering mencapai suhu yang dimaksud, maka bahan batubara halus dimasukkan ke unggul pengering. Proses pengeringan akan berlangsung sampai 1 jam. Produk dipisahkan dari aliran udara di siklon dan kantong penyaring. Temperatur kontroler TIC (di bawah distributor) mempertahankan suhu udara masuk pada level yang dikehendaki. Selama percobaan, suhu udara masuk, suhu udara keluar, dan humiditi udara masuk dan keluar akan terus dicatat setiap 5 menit. Setelah operasi batubara ditampung di tempat yang kedap udara yang selanjutnya akan diukur kadar airnya. Bentuk alat Fluidized Bed Dryer dapat dilihat pada Gambar 1.

Analisa Kadar Air (Moisture Content)

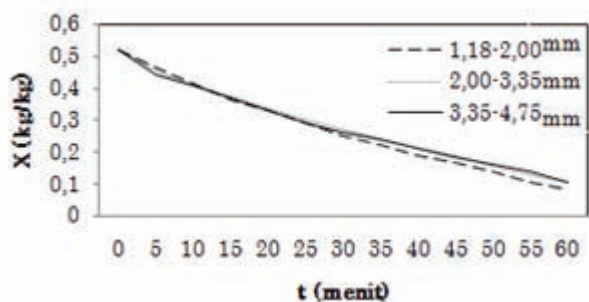
Analisa kadar air dapat dilakukan dengan metode gravimetri dengan oven berdasarkan AS2434.1 (standar Australia untuk pengukuran kandungan air pada batubara kelas rendah atau Sub-Bituminus). Sampel batubara hasil pengeringan diambil 10gr untuk dioven selama 3 jam pada suhu 105°C lalu timbang. Setelah itu dapat diperoleh kadar air yang terdapat dalam sampel batubara.



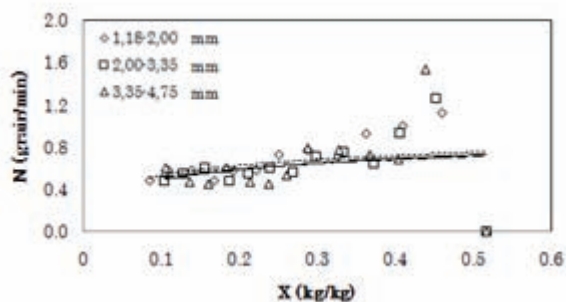
Gambar 1. Gambar Tiga Dimensi Alat Unggun Fluidisasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh diameter partikel terhadap kurva pengeringan



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Grafik Waktu vs X (kadar air) berbagai ukuran partikel pada suhu 50°C; (b) Grafik Hubungan X (kadar air) vs laju pengeringan berbagai ukuran partikel pada suhu 50°C.

Gambar 2(a) menunjukkan hubungan waktu pengeringan terhadap kadar air batubara pada suhu 50°C dan berbagai ukuran partikel. Semakin lama waktu pengeringan maka kandungan air dalam batubara akan semakin menurun, hal ini disebabkan air yang ada dalam batubara semakin banyak menguap dan terbawa oleh udara pengering. Namun

grafik ini tidak akan terus menurun dan akan menuju kondisi *steady state*. Hal ini dikarenakan adanya *equilibrium moisture content*, yaitu batas dimana *moisture content* dalam batubara tidak bisa lebih rendah dari nilai tersebut [7]. Selain itu, Gambar 2(a) menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel atau diameter partikel semakin kecil maka kadar air batubara selama proses pengeringan lebih rendah [8].

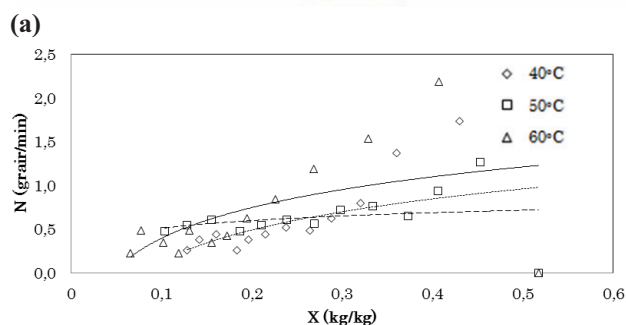
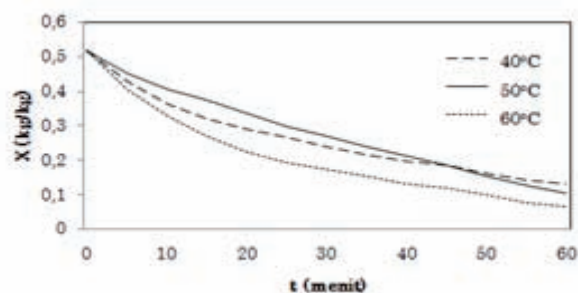
Gambar 2(b) menunjukkan hubungan kandungan air batubara terhadap laju pengeringan pada suhu 50°C dan berbagai ukuran partikel. Laju pengeringan akan terus menurun seiring penurunan kadar air [3]. Fenomena ini akan terus berlanjut hingga laju pengeringan nol. pada kondisi tersebut sudah memasuki kondisi setimbang. Semakin kecil ukuran partikel, maka kadar air dalam batubara akan semakin rendah (Gambar 2(a)) dan laju pengeringan semakin besar (Gambar 2(b)). Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran maka luas sentuh permukaan batubara terhadap udara pengering akan semakin besar.. Selain itu dengan semakin kecilnya ukuran partikel maka semakin cepat transfer massa yang terjadi [17]. Walaupun suhu udara pengering berpengaruh lebih besar dibandingkan pengaruh ukuran partikel dalam efisiensi pengeringan, tetapi ukuran partikel yang lebih kecil memiliki efisiensi pengeringan yang lebih baik [9]. Fenomena ini dapat dilihat pada Gambar 2(a) yang menunjukkan perbedaan kandungan air yang sangat kecil karena pengaruh ukuran partikel.

Fenomena ini sama dengan penelitian terdahulu yaitu pengeringan batubara sub-bituminus dengan menggunakan *microwave* [1] dan pengeringan rumput laut merah menggunakan metode *Solar Drying* [10].

Pengaruh suhu udara pengering terhadap kurva pengeringan

Gambar 3(a) menunjukkan hubungan waktu pengeringan dengan kadar air batubara pada ukuran 2,00-3,35 mm dan berbagai suhu

operasi. Semakin lama waktu pengeringan maka semakin turun kadar airnya. Meningkatnya suhu pengering akan menghasilkan kadar air yang lebih rendah pada waktu yang sama. Hal ini karena meningkatnya transfer panas pada batubara [11].



(a) Grafik Hubungan Waktu vs X (kadar air) berbagai suhu pada ukuran partikel 2.00 – 3.35mm;
(b) Grafik Hubungan X (kadar air) vs laju pengeringan berbagai suhu pada ukuran 2.00 – 3.35mm

Gambar 3(b) menunjukkan hubungan kadar air dengan laju pengeringan batubara sub-bituminus pada ukuran 2,00-3,35 dan berbagai suhu. Menurunnya kadar air akan menurunkan laju pengeringan. Laju pengeringan ini akan mencapai nilai nol pada saat keadaan steady state. Keadaan steady state tersebut dikarenakan moisture content dalam batubara telah mencapai moisture content equilibrium [7]. Kecepatan desorpsi dan reabsorpsi air pada batubara seimbang ketika mencapai equilibrium moisture content [12], Semakin tinggi suhu udara pengering yang masuk maka kadar air dalam batubara akan lebih rendah pada waktu yang sama terlihat pada Gambar 3(a) dan laju pengeringan semakin cepat pada Gambar 3(b). Hal ini dikarenakan semakin tinggi

suhu, energi untuk menguapkan air dalam batubara akan semakin besar (driving force semakin besar) dan menurunkan moisture content equilibrium [7]. Semakin tinggi suhu udara pengering maka akan menurunkan relative humidity udara pengering dan dengan turunnya relative humidity udara pengering akan mengakibatkan semakin menurunnya equilibrium moisture content batubara. Hal tersebut mengakibatkan semakin meningkatnya kecepatan pengeringan. Jadi, untuk waktu pengeringan yang sama diperoleh kadar air yang lebih rendah [13]. Dalam percobaan ini hanya ada laju menurun dan tidak ada *constant rate period*. Hal ini disebabkan karena laju pengeringan batubara ini dipengaruhi oleh laju difusi (Mujumdar 2004). Pada pengeringan kacang Pistachio juga tidak terdapat *constant rate period* [14].

Fenomena ini sama dengan penelitian sebelumnya yaitu pengeringan batubara tingkat rendah dengan metode *disc dryer* [2], pengeringan batubara dengan metode *steam* [5], dan pengeringan hazelnut menggunakan metode unggun fluidisasi [18].

KESIMPULAN

Semakin kecil ukuran partikel batubara maka semakin kecil kandungan air pada batubara dan laju pengeringan semakin besar; Semakin tinggi suhu udara pengering maka semakin kecil kandungan air pada batubara dan laju pengeringan semakin besar; Proses pengeringan tidak memiliki periode laju pengeringan konstan.

REFERENSI

- [1] C. A. Pickles, F. Gao, and S. Kelebek, "Microwave drying of a low-rank sub-bituminous coal," *Miner. Eng.*, vol. 62, pp. 31–42, 2014.
- [2] S. Moon, I. Ryu, S. Lee, and T. Ohm, "Optimization of drying of low-grade coal with high moisture content using a disc dryer," *Fuel Process. Technol.*, vol. 124, pp. 267–274, 2014.

- [3] Z. Rao, Y. Zhao, C. Huang, C. Duan, and J. He, "Recent developments in drying and dewatering for low rank coals," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 46, pp. 1–11, 2015.
- [4] J. Yu, A. Tahmasebi, Y. Han, F. Yin, and X. Li, "A review on water in low rank coals: The existence, interaction with coal structure and effects on coal utilization," *Fuel Process. Technol.*, vol. 106, pp. 9–20, Feb. 2013.
- [5] S. Niksa and B. Krishnakumar, "Predicting the steam drying behavior of brown coals and lignites," *Fuel*, vol. 159, pp. 345–353, 2015.
- [6] B. a. Fu and M. Q. Chen, "Thin-layer drying kinetics of lignite during hot air forced convection," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 102, pp. 416–428, 2015.
- [7] H.-S. Kim, Y. Matsushita, M. Oomori, T. Harada, J. Miyawaki, S.-H. Yoon, and I. Mochida, "Fluidized bed drying of Loy Yang brown coal with variation of temperature, relative humidity, fluidization velocity and formulation of its drying rate," *Fuel*, vol. 105, no. October, pp. 415–424, Mar. 2013.
- [8] J.-F. Zhu, J.-Z. Liu, J.-H. Wu, J. Cheng, J.-H. Zhou, and K.-F. Cen, "Thin-layer drying characteristics and modeling of Ximeng lignite under microwave irradiation," *Fuel Process. Technol.*, vol. 130, pp. 62–70, 2015.
- [9] T. Kang, H. Namkung, L. Xu, S. Lee, S. Kim, H. Kwon, and H. Kim, "The drying kinetics of Indonesian low rank coal (IBC) using a lab scale fi xed-bed reactor and thermobalance to apply catalytic gasi fi cation process," *Renew. Energy*, vol. 54, pp. 138–143, 2013.
- [10] A. Fudholi, K. Sopian, M. Y. Othman, and M. H. Ruslan, "Energy and exergy analyses of solar drying system of red seaweed," *Energy Build.*, vol. 68, pp. 121–129, 2014.
- [11] B. a. Fu, M. Q. Chen, and Y. W. Huang, "Heat transfer characteristics on lignite thin-layer during hot air forced convective drying," *Fuel*, vol. 154, pp. 132–139, 2015.
- [12] L. I. Xianchun, S. Hui, W. Qi, M. Chatphol, W. Terry, and Y. U. Jianglong, "Experimental study on drying and moisture re-adsorption kinetics of an Indonesian low rank coal," *J. Environ. Sci.*, vol. 21, pp. S127–S130, 2009.
- [13] W.-C. Wang, "Laboratory investigation of drying process of Illinois coals," *Powder Technol.*, vol. 225, pp. 72–85, Jul. 2012.
- [14] M. Omid, a. Baharlooei, and H. Ahmadi, "Modeling Drying Kinetics of Pistachio Nuts with Multilayer Feed-Forward Neural Network," *Dry. Technol.*, vol. 27, no. 10, pp. 1069–1077, 2009.
- [15] Mujumdar, A.S., "Research and Development in drying : Recent trends and future prospect," *Drying Technology*, 22 (1-2), 1- 26, 2004.
- [16] Mujumdar, A.S. dan Devahastin. S., "Aplication for Fluidized Bed Drying, " pp. 469–484, in W.C. Yang, (Ed.). *Hanbook of Fluidization and Fluid-Particle System*. Marvel Dekker, New York, 2003.
- [17] Gibbins, J.R., J. Jacobs, C. K Man, and K.J Pendlebury., "Effect of Coal Particle Size on Volatile Yields During Rapid Heating," London, 1992.
- [18] Topuz, Adnan, Mesut Gur, and M. Zafer Gul, "An experimental and numerical study of fluidized bed drying of hazelnut," *Applied Thermal Engineering*, 24. 1535-1547, 2004.

PRE-TREATMENT LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA TUMBUH MIKROALGA

Hadiyanto^{a*}, Suherman^b, Setia Budi Sasongko^c, Nur Azizah^f
dan M.Nasyarudin Iqbal^g

Program Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Jl. Prof. Soedharto, S.H.,
Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Email: ^ahady.hadiyanto@gmail.com, ^fnurazizah.tekimundip@gmail.com,

^gnasyarudiniqbal92@gmail.com

Abstrak

Pengolahan POME (*Palm Oil Mill Effluent*) yang merupakan limbah organik cair dari industri kelapa sawit dengan BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*), yang terlalu tinggi perlu dilakukan, mengingat kandungan nitrogen, fosfor dan kalium yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai medium pertumbuhan mikroalga *Spirulina*. Pretreatment POME telah dilakukan dengan menggunakan variable jenis *wild algae*, *chlamydomonas* dan *chlorella* dan dengan pengenceran medium 0x pengenceran, 2x pengenceran, dan 4x pengenceran. *Chlorella* merupakan wild alga yang paling baik karena mampu menurunkan COD dapat mengalami penurunan paling baik hingga mencapai 128,33 mg/L dibandingkan dengan menggunakan jenis *chlamydomonas*. Penambahan nutrien pada media POME mampu meningkatkan aktivitas pertumbuhan spirulina. Kultivasi mikro alga pada media POME dengan faktor pengenceran hingga 4 kali menunjukkan tingkat laju pertumbuhan terbaik pada semua jenis mikroalga yang digunakan dibandingkan pada POME tanpa pengenceran dan 2x pengenceran.

Kata kunci : POME, BOD, COD, Spirulina

LATAR BELAKANG

Minyak kelapa sawit merupakan komoditas ekspor yang menunjang neraca perekonomian Indonesia dengan pertumbuhan konsumsi mencapai 8,9% pertahun.[1] Indonesia merupakan negara terbesar pengekspor minyak kelapa sawit di dunia dengan *market share* mencapai 44%.[2] Pertumbuhan penggunaan minyak sawit itu dipicu oleh peningkatan jumlah penduduk dunia dan semakin berkembangnya trend pemakaian bahan dasar oleochemical pada industri makanan, industri shortening dan farmasi (kosmetik). Pada proses pengolahan minyak kelapa sawit dihasilkan limbah cair berupa *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Dalam satu ton CPO yang dihasilkan, dibutuhkan 5-7,5 ton air proses, dan lebih dari 50% menjadi POME.[3] POME merupakan suspensi koloid asam

berwarna kecoklatan yang dihasilkan dari gabungan tiga proses utama pembuatan minyak kelapa sawit (60% proses klarifikasi, 36% proses sterilisasi, dan 4% hydrocyclone) mengandung 95% air, 0.6-0.7% minyak, dan 4-5% padatan termasuk 2-4% padatan yang tersuspensi.[4]

Konsep pengolahan POME dapat dilakukan dengan penggunaan *wild alga*, nitrifikasi maupun pengenceran. Konsep pengolahan POME dengan menggunakan *wild alga* dinilai menguntungkan karena alga cukup banyak di jumpai di alam, terutama di Indonesia. Alga dapat tumbuh dan berkembang di media yang mengandung nutrisi yang cukup baik seperti N dan P. POME masih mengandung nitrogen (750 ppm), phosphor (180 ppm), dan kalium (2270 ppm), sehingga cocok apabila digunakan sebagai medium pertumbuhan mikroalga. Keuntungan dari penggunaan alga

adalah hanya menurunkan kandungan BOD dan COD, sedangkan komponen lain seperti N,P,K, lain kadarnya masih tinggi sehingga masih bisa dimanfaatkan diolah lebih lanjut [3, 5-9]

Dalam penelitian ini akan diteliti langkah *pretreatment* yang optimum dalam menurunkan kadar BOD dan COD dengan mempertahankan kandungan mineral (N, P, K) yang terdapat di dalam POME. *Pretreatment* yang dilakukan antara lain yaitu dengan dilakukan dan tidak dilakukannya pengenceran POME dengan menggunakan media *wild alga* seperti *chlamydomonas* dan *chlorella*. Tujuan dari penelitian ini adalah Melakukan treatment POME untuk menurunkan kadar COD dan BOD sehingga dapat digunakan sebagai media pertumbuhan spirulina, Memperoleh kondisi optimum untuk pretreatment POME dengan melakukan pengenceran, Mengevaluasi wild alga jenis *chlamydomonas* dan *chlorella* dalam pretreatment POME untuk menurunkan kadar COD dan BOD.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan *Chlamydomonas* dan *Chlorella* dari stock kultur bibit, POME dari PTPN VII Lampung, nutrisi Urea, KH_2PO_4 , aquades, kertas saring,

Penelitian dilakukan dengan mengkultivasi *Chlorella* dan *Chlamydomonas* (10% v/v) pada medium POME yang telah diencerkan sesuai variabel pengenceran (tanpa pengenceran, 2x pengenceran, dan 4x pengenceran). Analisa optical density (OD) dengan Spektrofotometer OPTIMA SP-300 pada $\lambda = 680 \text{ nm}$ dan laju pertumbuhan biomassa setiap harinya selama 7 hari. Analisa kadar COD medium pada hari ke 0 dan ke 7.

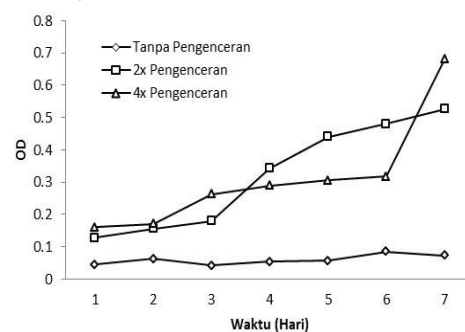
Lakukan kultivasi *Spirulina* pada medium POME dengan penambahan nutrisi Urea dan KH_2PO_4 sebagai variabel penambahan nutrisi pada hari ke 2, 4 dan 6 dan dengan variabel pengenceran 0x, 2x dan 4x pengenceran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

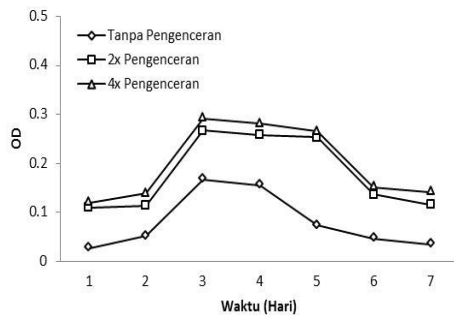
Pada penelitian ini dipelajari pengaruh pengenceran dan jenis mikroalga terhadap penurunan BOD dan COD dari POME. Penelitian dilakukan dengan variabel pengenceran sebesar 0x, 2x, dan 4 x dengan variasi jenis alga yaitu *Chlorella* dan *Chlamydomonas*.

Pertumbuhan Wild Alga dalam Media POME

Pertumbuhan mikroalga dipengaruhi oleh variabel pengenceran. Pengenceran POME meningkatkan densitas optik medium pada hari ke 8. Peningkatan densitas optik medium menandakan adanya peningkatan konsentrasi biomassa yang ditunjukkan dengan kenaikan laju pertumbuhan *wild alga*. Pada variabel 0x pengenceran, *chlorella* memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan *chlamydomonas* yang ditunjukkan dengan optical density maksimum *chlorella* yaitu 0,167 sedangkan *chlamydomonas* yaitu 0,084. Namun pada variabel 2x dan 4x pengenceran *chlamydomonas* memiliki optical density maksimum yang lebih besar dibandingkan *chlorella*. Hal ini ditunjukkan dengan pada variabel 2x pengenceran optical density maksimum *chlamydomonas* yaitu 0,526 sedangkan *chlorella* yaitu 0,267. Pada 4x pengenceran optical density maksimum *chlamydomonas* yaitu 0,681 dan *chlorella* yaitu 0,292.



(a)



(b)
Gambar 1. Grafik pertumbuhan wild alga (a) chlamydomonas; (b) chlorella pada media POME

Laju pertumbuhan wild alga pada media POME 4x pengenceran merupakan laju pertumbuhan yang tertinggi dibandingkan dengan media tanpa pengenceran dan 2x pengenceran. Hal ini dapat dilihat ada Tabel 1 dan 2. sebagai berikut:

Tabel 1 Laju Pertumbuhan wild alga chlamydomonas pada media POME

Pengenceran	μ (1/day)	OD maksimum
Tanpa pengenceran	0,023	0,084
2x Pengenceran	0,164	0,526
4x Pengenceran	0,337	0,681

Tabel 2 Laju Pertumbuhan wild alga chlorella pada media POME

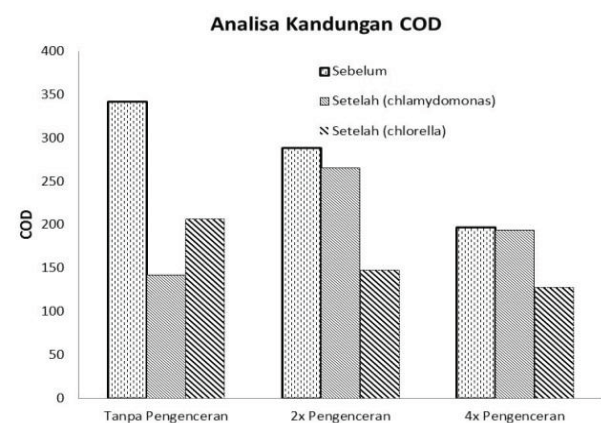
Pengenceran	μ (1/day)	OD maksimum
Tanpa pengenceran	0,055	0,167
2x Pengenceran	0,165	0,258
4x Pengenceran	0,316	0,292

Fenomena ini dapat terjadi dikarenakan pada media tanpa pengenceran dan 2x pengenceran cahaya yang digunakan oleh wild alga untuk melakukan fotosintesis terhalang oleh media yang terlalu gelap.

Kurangnya intensitas cahaya yang masuk mengakibatkan pertumbuhan sel wild alga pada media tanpa pengenceran dan 2x pengenceran terhambat [10-12]

COD (Chemical Oxygen Demand) Tereduksi

Berdasarkan hasil penelitian diatas, dapat diketahui bahwa semakin tinggi tingkat pengenceran, maka kandungan COD di dalam POME akan semakin menurun. Kandungan COD di dalam POME juga mengalami penurunan yang cukup signifikan dengan menggunakan kultivasi *wild algae* seperti *chlamydomonas* dan *chlorella* selama 7 hari. Hal ini disebabkan semakin lama waktu tinggal akan memberi banyak kesempatan pada mikroorganisme untuk memecah bahan-bahan organik yang terkandung di dalam limbah. [13]



Gambar 2. Kandungan COD dalam POME

Penurunan kandungan COD terbesar yaitu pada POME tanpa pengenceran dengan menggunakan *chlamydomonas*. Dimana kandungan COD sebelum dilakukan treatment yaitu sebesar 341,67 mg/L, kemudian setelah dilakukan treatment kandungan COD menjadi 141,67 mg/L. COD yang tereduksi dengan pengolahan dengan cara ini yaitu sekitar 200 mg/L atau mengalami penurunan 58,54%. Namun kandungan COD akhir paling rendah yaitu pada pengolahan POME 4x pengenceran dengan menggunakan *chlorella*, yaitu hingga mencapai 128,33 mg/L.

Pada 2x dan 4x pengenceran, POME dengan treatment menggunakan chlorella memiliki kandungan COD akhir yang lebih rendah dibandingkan treatment menggunakan chlamydomonas. Kebutuhan oksigen kimiawi atau Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun sukar didegradasi secara biologis menjadi CO₂ dan H₂O. [14]

Nilai COD yang tinggi ini menunjukkan bahwa kandungan bahan organik sebelum pengolahan limbah cair sangat tinggi. Pada proses perombakan bahan organik tersebut mikroba menggunakan bahan organik sebagai sumber makanan. Sehingga pada akhir proses treatment menggunakan chlorella kandungan bahan organik semakin sedikit yang mengakibatkan turunnya kadar COD.

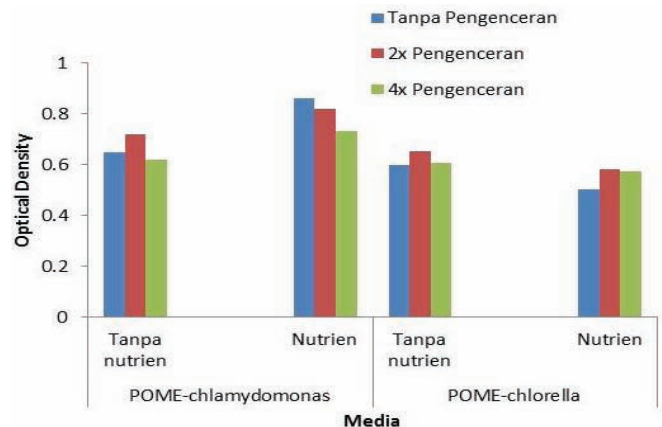
Analisis keragaman menunjukkan bahwa rasio campuran limbah cair dengan treatment menggunakan chlorella berpengaruh terhadap penurunan nilai COD dan dengan presentase penurunan COD disebabkan dari semakin kecil nilai COD awal (sebelum dilakukan treatment) akan menimbulkan kecenderungan penurunan nilai COD akhir sehingga presentase penurunan COD nya meningkat. Karena COD awal yang kecil ini, kandungan bahan organik dalam limbah pun sedikit. Sedangkan pada treatment tanpa pengenceran, POME dengan treatment menggunakan chlamydomonas memiliki kandungan COD akhir yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan chlorella. Semakin tinggi konsentrasi COD menunjukkan bahwa kandungan senyawa organik tinggi tidak dapat terdegradasi secara biologis.

Pertumbuhan Spirulina dalam Media POME

OD (Optical density) Maksimum Spirulina

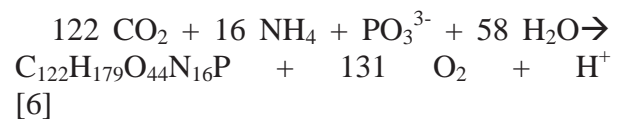
Berdasarkan hasil penelitian, optical density paling maksimum spirulina yaitu pada kultivasi menggunakan media POME tanpa pengenceran dengan penambahan nutrisi

serta menggunakan chlamydomonas sebagai wild algae untuk mereduksi kandungan COD yang ada di dalam POME, yaitu hingga mencapai 0,860. Hal ini disebabkan karena spirulina memerlukan nutrisi C, H, O, N, P dan K untuk melakukan fotosintesis.



Gambar 3. Optical density maksimum Spirulina

Secara stoikiometri, kebutuhan nutrisi untuk melakukan fotosintesis disajikan pada persamaan berikut ini :

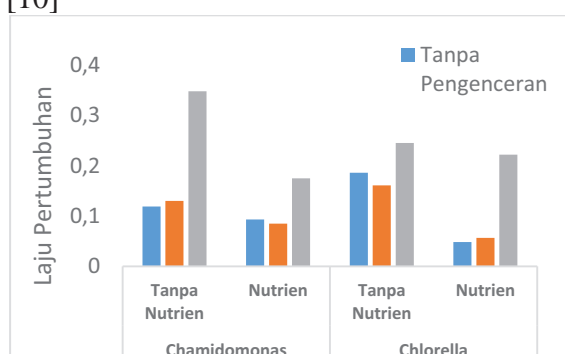


Sedangkan penambahan nutrisi dilakukan setiap dua hari sekali, hal ini dikarenakan kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan mikroalga cukup besar, yaitu 56,3% C; 8,6% N dan 1,2 % P dalam basis berat. [6]

Laju Pertumbuhan (Growth Rate) Spirulina

Pada pembahasan mengenai laju pertumbuhan (μ) kami mengambil 12 titik percobaan untuk dibandingkan satu dengan lainnya, yaitu 3 titik percobaan dengan hasil optical density pada media POME-chlamydomonas tanpa nutrisi, 3 titik percobaan dengan hasil optical density pada media POME-chlamydomonas dengan penambahan nutrisi, 3 titik percobaan dengan hasil optical density pada media POME-chlorella tanpa nutrisi, 3 titik percobaan dengan hasil optical density pada media POME-chlorella dengan nutrisi.

Berdasarkan data yang disajikan oleh tabel diatas dapat diketahui bahwa laju pertumbuhan spirulina pada media POME 4x pengenceran merupakan laju pertumbuhan yang tertinggi dibandingkan dengan media tanpa pengenceran dan 2x pengenceran. Fenomena ini dapat terjadi dikarenakan pada media tanpa pengenceran dan 2x pengenceran cahaya yang digunakan oleh spirulina untuk melakukan fotosintesis terhalang oleh media yang terlalu gelap. Kurangnya intensitas cahaya yang masuk mengakibatkan pertumbuhan sel spirulina pada media tanpa pengenceran dan 2x pengenceran terhambat [10]



Gambar 4. Laju pertumbuhan Spirulina

Laju Pertumbuhan Mikroalga diberbagai Medium

Berdasarkan penelitian sebelumnya, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3. Laju pertumbuhan mikroalga di berbagai medium [12, 16]

Sumber	Alga	Medium	Bioreaktor	μ (1/day)
Prihantini, 2000	Chlamydomonas	Ekstrak Tauge	Erlenmeyer	0,91
		Air Sumur		0,93
		Beneck		0,79
		Walne		0,584
Suminto, 2008	Chlorella	Guillards F/2	Erlenmeyer	0,655
		Erdschreiber		0,385
		Tanpa nutrien		0,348
Ilham dan	Chlamydomonas	Tanpa nutrien	Erlenmeyer	0,348
Lousiana	Chlorella	Nutrien		0,175
		Dalam		

POME

2012

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa setiap mikroalga memiliki laju pertumbuhan yang berbeda-beda pada medium yang berbeda. Hal ini dikarenakan laju pertumbuhan fotosintesis mikroalga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu suhu, intensitas cahaya, dan nutrien. Perlakuan dengan menggunakan beberapa media kultur memberikan pengaruh yang berbeda pada waktu lag phase. Selain itu derajat keasaman (pH) juga sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga dengan toleransi yang berbeda. [12]

Namun diantara beberapa faktor yang dijelaskan di atas, faktor yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga yaitu komposisi nutrien. Nutrien yang lengkap di dalam media kultur mikroalga akan membuat mikroalga dapat tumbuh dengan baik meskipun medium tersebut berupa asam ataupun basa. Jika komposisi nutrien di dalam media kultur mikroalga kurang baik, berlebihan ataupun kekurangan, mikroalga akan cenderung mengalami pertumbuhan yang relatif konstan pada media kultur yang bersifat basa. [12]

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa *pretreatment* POME yang paling baik untuk dapat mengultivasi spirulina yaitu dengan melakukan pengenceran 4x. Hal ini dikarenakan dengan melakukan 4x pengenceran, POME yang akan digunakan untuk mengultivasi spirulina sudah memiliki kandungan COD yang paling rendah dibandingkan POME tanpa pengenceran dan 2x pengenceran. Di samping itu, pada *treatment* 4x pengenceran, *wild alga* jenis *chlamydomonas* dan *chlorella* serta alga *spirulina* memiliki laju pertumbuhan yang paling tinggi dibandingkan pada POME tanpa pengenceran dan 2x pengenceran.

Wild alga yang paling baik digunakan untuk *pretreatment* POME yaitu *wild alga* jenis *chlorella*. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan *wild alga* jenis *chlorella* kandungan COD dapat mengalami penurunan paling baik hingga mencapai 128,33 mg/L dibandingkan dengan menggunakan jenis *chlamydomonas*. Sebagai nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga, variabel dengan penambahan nutrisi lebih baik daripada tanpa adanya penambahan nutrisi, karena nutrisi yang baik akan meningkatkan pertumbuhan *spirulina*.

REFERENSI

- [1] Departement Perindustrian. Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit. Jakarta. 2007.
- [2] M.O.P.B. Malaysian Palm Oil Board. A Summary on the performance of the Malaysian Oil Palm Industry. 2008. <http://econ.mpob.gov.my/economy/Performance-130109-.htm>.
- [3] Okwute, Ojonoma L., Isu N.R. Impact Analysis of Palm Oil Mill Effluent (POME) on the Aerobic Bacterial Density and Ammonium Oxidizers in Dumpsite in Anyigba, Kogi State. *Afr. J. of Biotech.* 6 (2007) 116-119.
- [4] Ahmad, A.L., Bhatia, S., Ibrahim, N., Sumathi, S. Adsorption of residual oil from palm oil mill effluent using rubber powder. *Brazilian J. Chem. Eng.*, 22 (2005) 371-379
- [5] Abdurahman, N.H., Azhari, N.H., Rosli A.M. Ultrasonic membrane anaerobic system (UMAS) for palm oil mill effluent (POME). *Int. Perspect. Water Qual. Manag. Pollut. Control.*, (2013) 107-121
- [6] Habib M.A.B., Parvin, M. Huntington T.C., Hasan, M.R. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1034. A Review on Culture, Production and Use of *Spirulina* as Food for Humans and Feeds for Domestic Animals and Fish. *Aquaculture*. 1034 (2008)
- [7] Hassan, M.A.A., Puteh, M.H. Pre-treatment of Palm Oil Mill Effluent (POME): A Comparison Study using Chitosan and Alum. *Malaysian J. Civ. Eng.* 19 (2005) 128-141.
- [8] Kamyab, H., Din, M. F.M., Keyvanfar, A., Majid, M.Z.A., Talaiekhazani A., Shafaghat, A., Lee, C.T., Shiun, L.J., Ismail H. H. Efficiency of Microalgae *Chlamydomonas* on the Removal of Pollutants from Palm Oil Mill Effluent (POME). *Energy Procedia*. 75 (2015) 2400-2408
- [9] Lorestani, A., Akbar Z. Biological Treatment of Palm Oil Mill Effluent (POME) using An Up-Flow Anaerobic Sludge Fixed Film (UASFF) Bioreactor. 2006
- [10] Phang SM, Ong KC (1988) Algal biomass production in digested palm oil mill effluent. *Biol. Wastes* (2005) 25: 177-191.
- [11] Qiang, H., Zarmi, Y., Richmond, A. Combined Effects of Light Intensity, Light- Path and Culture Density on Output Rate of *Spirulina platensis* (Cyanobacteria). *Eur. J. Phycol.* 33 (1998) 165-171.
- [12] Prihantini, N.B. Studi Pertumbuhan Mikroalga *Chlamydomonas* sp. Ehrenberg Hasil Isolasi dari Air Buangan Pabrik Karet pada Tiga Macam Medium dengan Variasi Derajat Keasaman (pH). Jakarta. Universitas Indonesia (2000)
- [13] Utomo, N.B.P., Winarti, Erlina, A. Pertumbuhan *Spirulina platensis* yang dikultur dengan Pupuk Inorganik (Urea, TSP dan ZA) dan Kotoran Ayam. *J. Akuakultur Ind.* 4 (2005) 41-48.
- [14] Simanjutak, H. Studi Korelasi antara BOD dengan Unsur Hara N, P dan K dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Universitas Sumatera Utara. (2009)
- [15] R. M. Sihalo, Penentuan Chemical Oxygen Demand (COD) dengan Metode Spektrofotometri Visible di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk, Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [16] Diana, C. Suminto. The Use of Different Culture Medium on The growth of *Chlorella* sp. *J. Sainstek. Perikanan*. 4 (2008) 42-49.

KOMBINASI METODE AHP DAN PROMETHEE PADA SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN

Ahmad Abdul Chamid^{1,a}, Bayu Surarso^{2,b*}

¹Magister Sistem Informasi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

²Magister Sistem Informasi dan Jurusan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

^achamidgeovani@gmail.com, ^bbayusururso@yahoo.com

Abstrak

Penelitian tentang implementasi AHP pada berbagai sistem pendukung keputusan telah banyak dilakukan, namun pada beberapa kasus diperlukan penggabungan dengan metode lain agar diperoleh hasil yang lebih efektif. Pada penelitian ini dikaji penggabungan metode AHP dengan metode PROMETHEE. Metode PROMETHEE adalah metode *outranking* yang paling dikenal dan banyak digunakan. Metode AHP digunakan pada perhitungan bobot kriteria. Hasil perhitungan AHP dijadikan input pada perhitungan perangkingan menggunakan metode PROMETHEE. Tipe Preferensi yang digunakan adalah tipe Linier. Studi kasus diambil pada penentuan Pemasok Obat dengan 4 kriteria, tanpa subkriteria, 5 sampel alternatif dan 13 orang penilai pada proses pembobotan kriteria. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa Pembobotan kriteria menggunakan metode AHP lebih obyektif dibandingkan pembobotan hanya berdasarkan questioner, semakin banyak penilai yang melakukan pembobotan kriteria akan menghasilkan bobot kriteria yang objektif. Metode PROMETHEE Tipe Preferensi Linier bisa mengatasi permasalahan ketika perbandingan nilai antar kriteria sangat kecil.

Kata Kunci : Sistem Pendukung Keputusan, AHP, PROMETHEE.

Latar Belakang

Dengan semakin ketatnya persaingan dan bertambah rumitnya permasalahan yang dihadapi organisasi atau perusahaan baik pemerintah maupun swasta, semakin besar tuntutan adanya dukungan sistem informasi yang efisien dan efektif. Peran sistem informasi semakin berkembang, tidak hanya menyajikan informasi dari data-data yang tersedia, tetapi lebih jauh dari itu dituntut untuk dapat membantu menganalisis informasi yang diperoleh. Hasil analisis tersebut dapat dijadikan dasar pertimbangan pengambilan keputusan atau kebijakan yang tepat sehingga dapat meningkatkan kinerja

perusahaan yang bersangkutan. Karena itulah sistem informasi perlu dilengkapi dengan sistem pendukung keputusan dengan metode yang sesuai dengan permasalahan dan kebutuhan yang dihadapi.

Telah banyak studi tentang sistem pendukung keputusan yang dilakukan baik secara teoritik maupun aplikatif. Metode-metode sistem pendukung keputusan juga telah banyak yang dikembangkan, misalnya *Simple Additive Weighting* (SAW), *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Promethee*, *Weighted Product* (WP) dan *ELECTRE*.

Diantara metode-metode dalam sistem pendukung keputusan, AHP merupakan metode yang paling dasar. Tetapi, walaupun termasuk paling dasar, AHP termasuk metode paling banyak diimplementasikan pada sistem pendukung keputusan dan terbukti mempunyai banyak kelebihan.

Pada sebagian besar aplikasi dalam dunia industri pengambilan keputusan didasarkan pada evaluasi dari sejumlah alternatif kriteria. Hal tersebut dapat menjadi sesuatu yang sangat sulit untuk memenuhi kriteria yang dinyatakan dalam satuan yang berbeda atau data yang bersangkutan sulit untuk dikuantifikasi. AHP merupakan pendekatan yang efektif dalam menangani berbagai masalah dalam pengambilan keputusan untuk masalah-masalah tersebut. [1]

Penyajian kriteria statistik untuk menerima atau menolak sebagai umpan balik terhadap matrik perbandingan berpasangan dalam AHP dan konsistensi dalam matrik random dengan ukuran yang berbeda. Metode ini mampu mengadaptasi penerimaan persyaratan untuk lingkup dan kebutuhan yang berbeda konsistensi [2].

Penelitian tentang implementasi AHP pada berbagai sistem pendukung keputusan berkembang dengan pesat, pada beberapa kasus diperlukan penggabungan dengan metode lain yang diperlukan sesuai dengan permasalahan yang dibahas dan tujuan yang dikehendaki. Bayu S dkk dalam [3] telah mengkaji implementasi metode AHP digabungkan dengan metode *Profile Matching*. Pada penelitian ini dikaji implementasi metode AHP digabungkan dengan metode PROMETHEE.

Metode PROMETHEE adalah metode *outranking* yang paling dikenal dan banyak digunakan untuk sepasang perbandingan bijaksana alternatif disetiap kriteria terpisah. Metode *outranking* memiliki kemajuan pesat karena *fleksibilitas* mereka sehingga dapat menghasilkan situasi keputusan yang nyata. [4]. PROMETHEE memerlukan dua input selain nilai evaluasi alternatif dalam hal masing-masing kriteria, yaitu: bobot kriteria dan jenis/tipe fungsi masing-masing kriteria dipertimbangkan dalam masalah pengambilan

keputusan [5]. Pada penelitian ini metode AHP digunakan untuk pembobotan kriteria, selanjutnya proses perankingan dilakukan dengan menggunakan metode PROMETHEE.

Beberapa penelitian tentang metode AHP dan metode PROMETHEE telah dilakukan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Kamal M, AHP sebagai sebuah potensi metode pengambilan keputusan digunakan dalam manajemen proyek. Penerapan AHP diprioritaskan dalam sebuah daftar *descending order* kontraktor di Prequali yang dapat dibuat untuk memilih *kontraktor* terbaik dalam melakukan manajemen proyek [6]. Tahrini dkk. meneliti pemilihan pemasok berbasis AHP, model diformulasikan dan diterapkan pada studi kasus nyata perusahaan baja di Malaysia. Penggunaan model yang diusulkan menunjukkan bahwa hal tersebut dapat diterapkan untuk meningkatkan dan membantu pengambil keputusan dalam menyelesaikan masalah teknik pemilihan supplier dalam memilih kombinasi pemasok secara optimal [7]. Pada tahun 2012 Safari dkk mengaplikasikan metode PROMETHEE dengan Entropy untuk seleksi *supplier*. Entropy digunakan untuk menghitung bobot dari setiap kriteria. Setelah itu PROMETHEE digunakan untuk menentukan peringkat alternatif [8]. Metode PROMETHEE telah digunakan oleh Albadvi dkk untuk menyelesaikan masalah bagi pengambilan keputusan dalam perdagangan saham, pemilihan saham yang tepat pada waktu yang tepat, mengembangkan model pengambilan keputusan untuk memilih saham unggulan di bursa dan model disediakan untuk struktur masalah ini. [9]. Metode PROMETHEE juga pernah digunakan untuk evaluasi pemasok outsourcing, Hasil ranking memberikan referensi yang membantu para pengambil keputusan yang ingin meningkatkan efisiensi proses keputusan *information system outsourcing*. [10]

Kerangka Teori

Sistem Pendukung Keputusan. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) digunakan untuk membantu pengambil keputusan dalam mengatasi permasalahan yang ada. SPK tidak dimaksudkan untuk mengotomatisasikan pengambilan keputusan. SPK mampu memberikan perangkat interaktif bagi pengambil keputusan untuk melakukan berbagai analisis data, menggunakan model yang tersedia [11]

Metode AHP. AHP dikembangkan Dr. Thomas L. Saaty dari Wharton School of Business pada tahun 1970-an untuk mengorganisasikan informasi dan judgement dalam memiliki alternatif yang paling disukai [12].

AHP adalah sebuah metode memecah permasalahan yang komplek/ rumit dalam situasi yang tidak terstruktur menjadi bagian-bagian komponen. Mengatur bagian atau variabel ini menjadi suatu bentuk susunan hierarki, kemudian memberikan nilai numerik untuk penilaian subjektif terhadap kepentingan relatif dari setiap variabel dan mensintesis penilaian untuk variabel mana yang memiliki prioritas tertinggi yang akan mempengaruhi penyelesaian dari situasi tersebut [12].

Prosedur dalam metode AHP terdiri dari beberapa tahap [12], yaitu:

1) Menyusun hirarki dari permasalahan yang dihadapi.

Penyusunan hirarki dengan menentukan tujuan yang merupakan sasaran sistem secara keseluruhan pada level teratas. Level berikutnya terdiri dari kriteria-kriteria untuk menilai atau mempertimbangkan alternatif-alternatif yang ada dan menentukan alternatif-alternatif tersebut. Setiap kriteria dapat memiliki subkriteria dan setiap kriteria dapat memiliki nilai intensitas masing-masing.

2) Menentukan prioritas elemen

a. Membuat perbandingan berpasangan, yaitu membandingkan elemen secara berpasangan sesuai kriteria yang di berikan dengan

menggunakan bentuk matriks. Matriks bersifat sederhana, berkedudukan kuat yang menawarkan kerangka untuk memeriksa konsistensi, memperoleh informasi tambahan dengan membuat semua perbandingan yang mungkin dan menganalisis kepekaan prioritas secara keseluruhan.

b. Mengisi matriks perbandingan berpasangan, yaitu menggunakan bilangan untuk merepresentasikan kepentingan relatif dari satu elemen terhadap elemen lainnya. Skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai tingkat kepentingan suatu elemen dengan elemen lainnya diperlihatkan pada Tabel 1:

Tabel 1 Skala kuantitatif dalam metode AHP

Intensitas Kepentingan	Arti/Makna
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari pada elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting dari pada elemen yang lainnya
9	Satu elemen mutlak penting dari pada elemen lainnya
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai antara 2 nilai pertimbangan yang berdekatan

c. Sintesis

Pertimbangan-pertimbangan terhadap perbandingan berpasangan disintesa untuk memperoleh keseluruhan prioritas.

1) Menjumlahkan nilai-nilai dari setiap kolom pada matriks.

2) Membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks.

3) Menjumlahkan nilai dari setiap matriks dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan nilai rata-rata.

4) Mengukur konsistensi.

AHP mengukur konsistensi pertimbangan dengan rasio konsistensi

(consistency ratio). Nilai Konsistensi rasio harus kurang dari 5% untuk matriks 3x3, 9% untuk matriks 4x4 dan 10% untuk matriks yang lebih besar. Jika rasio di atas batas tersebut maka perbandingan matriks dilakukan kembali. Langkah-langkah menghitung nilai rasio konsistensi yaitu:

- 1) Mengkalikan nilai pada kolom pertama dengan prioritas relatif elemen pertama, nilai pada kolom kedua dengan prioritas relatif elemen kedua, dan seterusnya.
- 2) Menjumlahkan setiap baris.
- 3) Hasil dari penjumlahan baris dibagikan dengan elemen prioritas relatif yang bersangkutan.
- 4) Membagi hasil diatas dengan banyak elemen yang ada, hasilnya disebut eigen value (λ_{max})
- 5) Menghitung indeks konsistensi (consistency index) dengan rumus :

$$CI = (\lambda_{max} - n) / n \quad (1)$$

dengan:

$CI = Consistency Index$

$\lambda_{max} = Eigen Value$

$n = Banyak\ elemen$

- d) Menghitung konsistensi rasio (CR) dengan rumus :

$$CR = \frac{CI}{RC} \quad (2)$$

dengan:

$CR = Consistency Ratio$

$CI = Consistency Index$

$RC = Random Consistency$

Berdasarkan perhitungan saaty menggunakan 500 sampel, jika pertimbangan memilih secara acak dari skala 1/9, 1/8, ..., 1, 2, ..., 9 akan diperoleh rata-rata konsistensi untuk matriks yang berbeda seperti Tabel 2:

Tabel 2 Nilai rata-rata konsistensi

Ukuran Matriks	Konsistensi Acak
----------------	------------------

1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

Metode

PROMETHEE.

PROMETHEE merupakan metode *outranking* yang menawarkan cara yang fleksibel dan sederhana kepada user untuk menganalisis masalah-masalah multikriteria [13].

Dalam PROMETHEE terdapat enam bentuk fungsi preferensi kriteria. Meskipun tidak bersifat mutlak, namun bentuk-bentuk ini cukup baik untuk beberapa kasus [14].

Tipe preferensi metode promethee yang digunakan dalam penelitian ini yakni preferensi liner. Tipe preferensi liner memiliki kelebihan dibandingkan dengan tipe preferensi lainnya karena tipe preferensi ini lebih bisa mengatasi permasalahan ketika perbandingan nilai antar kriteria sangat kecil, sehingga dari hasil perhitungannya terlihat perbedaannya. Berikut merupakan tipe preferensi linear [13]:

$$P(x) = \begin{cases} x/m, & x \leq m \\ 1, & x > m \end{cases} \quad (3)$$

dengan:

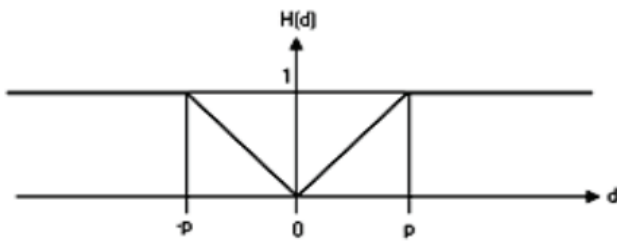
$x = \text{selisih nilai kriteria } \{x = f(a) - f(b)\}$

$m = \text{nilai kecenderungan atas preferansi.}$

Kriteria preferensi linear menjelaskan bahwa selama nilai selisih memiliki nilai yang lebih rendah dari m , maka preferensi dari pembuat keputusan akan meningkat secara linear dengan nilai x . Jika nilai x lebih besar daripada nilai m , maka akan terjadi preferensi mutlak.

Pada saat pembuat keputusan mengidentifikasi beberapa kriteria untuk tipe ini, ia harus menentukan nilai

kecenderungan dari nilai p . Dalam hal ini nilai d di atas nilai p telah dipertimbangkan akan memberikan preferensi mutlak dari suatu alternatif seperti Gambar 1:



Gambar 1. Preferensi kriteria linear dengan parameter p .

Penentuan Leaving Flow, Entering Flow dan Net Flow. Leaving flow (Φ^+) adalah jumlah nilai garis lengkung yang memiliki arah menjauh dari simpul a dan ini merupakan karakter pengukuran *outranking*. Selain itu juga merupakan suatu ukuran atau nilai yang menunjukkan kekuatan dari alternatif. Penentuan setiap simpul dalam grafik nilai *outranking* adalah berdasarkan *leaving flow*, dengan menggunakan persamaan:

$$\Phi^+ a = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \rho(a, x) \quad (4)$$

dengan:

$\rho(a, x)$ = menunjukkan preferensi alternatif a lebih baik dari x .

n = jumlah nilai.

Entering flow (Φ^-) merupakan suatu ukuran atau nilai yang menunjukkan kelemahan dari alternatif. Secara simetris dapat ditentukan *entering flow* dengan persamaan:

$$\Phi^- a = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \rho(x, a) \quad (5)$$

Net flow (Φ) menunjukkan suatu nilai total dari kekuatan dan kelemahan yang dimiliki oleh alternatif, dalam penentuannya digunakan persamaan:

$$\Phi a = \Phi^+ a - \Phi^-(a) \quad (6)$$

Metodologi

Penelitian tentang penggunaan metode AHP dan PROMETHEE untuk evaluasi kualitas *website* perhotelan telah dilakukan pada [5], AHP memberikan pendekatan analitik untuk menimbang kriteria. Evaluasi alternatif sesuai dengan kriteria yang ditimbang disediakan melalui PROMETHEE yang memungkinkan pengambil keputusan untuk mendapatkan peringkat parsial dan lengkap.

Metode AHP dan PROMETHEE oleh Harsono digunakan untuk pemilihan pemasok sayuran di supermarket. Penilaian terhadap kuesioner matriks perbandingan berpasangan dilakukan oleh lima orang yaitu 2 orang dari bagian penerimaan, dua orang dari bagian pembelian dan manajer, penentuan bobot kriteria menggunakan metode AHP. Untuk memilih pemasok sayuran menggunakan sepuluh kriteria, ada 3 dari 10 kriteria yang tidak dapat digunakan pada perhitungan PROMETHEE, karena tidak memberikan perbedaan nilai yang signifikan di antara para pemasok yang akan dinilai. [15].

Pada penelitian ini, studi kasus dilakukan untuk kasus pemilihan pemasok obat. Pembobotan kriteria dilakukan dengan pengambilan data melalui questioner kepada 13 orang penilai profesional.

Pada penelitian ini pemasok obat adalah pihak atau badan yang berurusan dalam penyediaan obat dan atau bahan obat. Para pemasok mungkin adalah agen, perantara, fasilitas distribusi, industri atau pedagang. Para pemasok harus mempunyai izin dari instansi yang berwenang (Peraturan Kepala BPOM Republik Indonesia Nomor HK.03.1.34.11.12.7542, 2012).

Semua sumber pasokan difokuskan pada kinerja mereka seperti sebagai pengiriman, kualitas, layanan dan harga sebagai faktor utama yang digunakan semua perusahaan untuk mengevaluasi sumber pasokan [16].

Bahan dan Alat Penelitian. Bahan penelitian yang dibutuhkan dalam penelitian ini yakni kebutuhan informasi akan kriteria-kriteria yang diterapkan oleh perusahaan untuk memilih pemasok. Penelitian ini dilakukan di apotek untuk memilih pemasok obat, kriteria pemilihan pemasok ditetapkan ada 4 yaitu:

1. Kelengkapan obat
2. Harga
3. Waktu pengiriman
4. Pembayaran/jangka kredit

Selanjutnya untuk pembobotan setiap kriteria dilakukan dengan sistem pengisian kuesioner yang diisi oleh apoteker yang telah bekerja di apotek, kuesioner disebar ke beberapa apotek, meliputi: apotek sekitar Semarang, apotek sekitar Kudus, apotek sekitar Pati, apotek sekitar Rembang.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yakni perangkat keras berupa komputer laptop dengan spesifikasi:

1. Processor AMD-A6 2,10GHz.
2. RAM 4 GB.
3. Hard disk 500 GB.

Selain itu juga menggunakan perangkat lunak berupa:

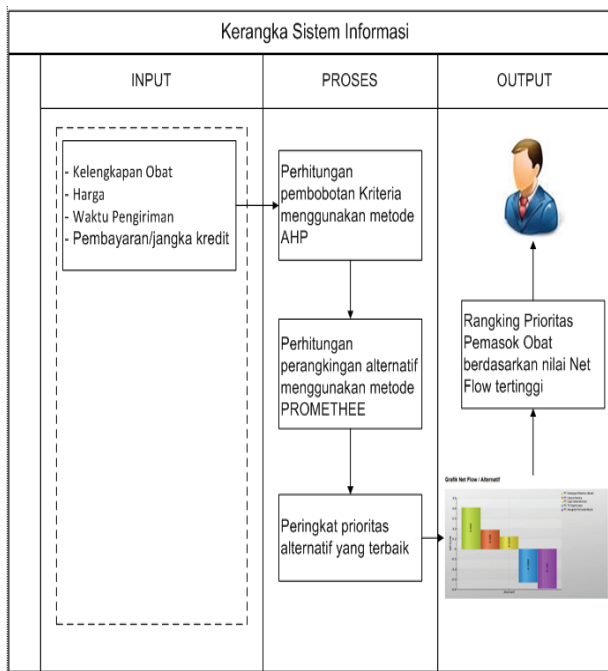
1. *Microsoft Windows 8.1* sebagai sistem operasi untuk laptop.
2. *Adobe dreamweaver CS6* digunakan untuk coding.
3. *Microsoft Visio 2007* digunakan untuk desain perancangan sistem.
4. *Rational Rose 2001* digunakan untuk perancangan UML.
5. *Database MySQL* digunakan sebagai database sistem.

Prosedur Penelitian. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengidentifikasi permasalahan utama penilaian
Dalam hal ini diidentifikasi bahwa masalah yang dihadapi adalah pemilihan supplier yang terbaik.
- b. Pengumpulan Data

Setelah masalah dapat diidentifikasi, tahap selanjutnya yakni mengumpulkan berbagai data untuk menyelesaikan masalah tersebut. Data-data yang dimaksud berupa kriteria dan alternatif serta lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

- c. Menentukan hirarki, kriteria dan alternatif
Struktur hirarki ditetapkan terbagi dalam tiga level yaitu : sasaran, kriteria (tanpa subkriteria) dan alternatif. Kriteria obat, harga/diskon, waktu pengiriman, pembayaran/ jangka kredit. Penilaian kriteria dilakukan dengan menggunakan penyebaran kuesioner ke beberapa apoteker yang bekerja di apotek, meliputi: apotek sekitar Semarang, apotek sekitar Kudus, apotek sekitar Pati, apotek sekitar Rembang. Untuk alternatif adalah perusahaan pemasok obat. Pemasok yang dimaksud yakni pemasok obat yang sudah mempunyai izin resmi/berbadan hukum yang melakukan pemasokan obat ke beberapa apotek. Selanjutnya di notasikan dengan A1, A2, A3, A4, dan A5. Hasil data dari kuesioner dianalisa menggunakan metode AHP.
- c. Analisa data menggunakan metode PROMETHEE untuk pengambilan keputusan, hasil dari analisis metode AHP digunakan sebagai inputan untuk metode PROMETHEE. Metode PROMETHEE yang digunakan sebagai fungsi preferensi adalah tipe preferensi linear. Hasil analisa menggunakan metode PROMETHEE keluarannya berupa prioritas/rangking supplier obat.
- d. *Dashboard* akan menampilkan rekomendasi berdasarkan prioritas pemasok obat yang layak untuk memasok obat ke apotek. Berikut merupakan kerangka sistem informasi pemilihan *supplier* seperti Gambar 2:



Gambar 2. Kerangka Sistem Informasi Pemilihan *Supplier*

Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian. Pembobotan kriteria menggunakan data kuesioner, yang bertindak sebagai responden yakni para apoteker, penyebaran kuesioner untuk para apoteker meliputi Kabupaten Rembang, Kabupaten Pati, Kabupaten Kudus, Kabupaten Demak, Kota Semarang, dari 13 kuesioner yang telah terisi terdapat 1 penilaian yang tidak konsisten. Dari 12 penilaian yang konsisten selanjutnya diperoleh rata-rata pembobotan masing-masing kriteria seperti pada Tabel 3:

Tabel 3 Perhitungan Rata-rata Bobot Kriteria

Apo teke r	Keleng kan Obat	Harga/ Diskon	Waktu Pengirim an	Pembayarar Jangka kredit
A	0,1306	0,5748	0,1953	0,0993
B	0,1988	0,4445	0,2973	0,0595
C	0,4946	0,2360	0,2170	0,0525
D	0,6275	0,0666	0,1998	0,1061
E	0,3692	0,1396	0,3394	0,1518
F	0,2303	0,0907	0,5250	0,1540
G	0,1646	0,1251	0,2166	0,4938

H	0,3001	0,3950	0,1317	0,1733
I	0,0993	0,1306	0,5748	0,1953
J	0,1340	0,4019	0,2321	0,2321
K	0,2401	0,1606	0,3591	0,2401
L	0,1462	0,1462	0,2186	0,4889
Rata 2	0,2613	0,2426	0,2922	0,2039

Tabel 4 berikut menampilkan data nilai alternatif pemasok yang digunakan dalam perhitungan:

Tabel 4 Nilai Alternatif Supplier

Tipe	III	III	III	III
Kaidah	Max	Max	Min	Max
Paramete r	3	3	1	10
Bobot	0,261 3	0,242 6	0,292 2	0,203 9
Kriteria	C1	C2	C3	C4
A1	3	4	2	30
A2	2	3	1	32
A3	2	3	1	30
A4	3	3	1	35
A5	4	4	1	30

Berdasarkan data yang ada pada Tabel 4, menggunakan (4) dan (5) diperoleh nilai *leavingflow*, *enteringflow*. Nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 5 Matriks Perhitungan Preferensi

Alter natif	A1	A2	A3	A4	A5	leav ing
A1		0,419 4	0,460 2	0,271 1	0,205 1	0,338 9
A2	0,1650		0,333 0	0,143 9	0,077 9	0,180 0
A3	0,1242	0,2514		0,103 2	0,037 1	0,129 0
A4	0,3133	0,4405	0,481		0,226	0,365
A5	0,3793	0,5065	0,547 3	0,358 2		0,447 8
Enter ing	0,2455	0,4044	0,455 4	0,219 1	0,136 6	

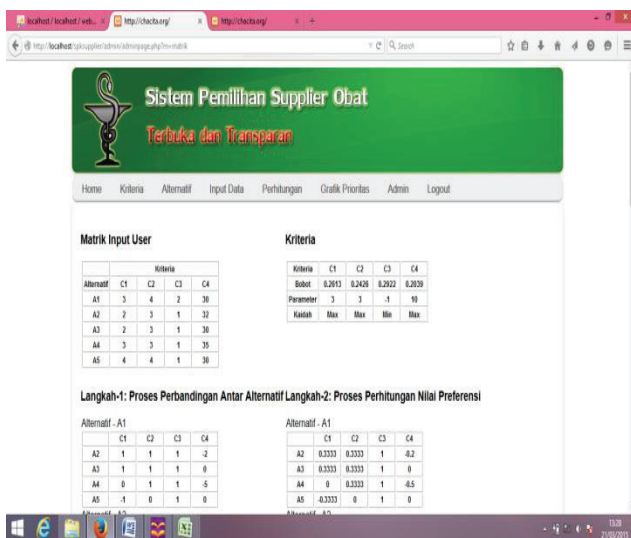
Dari Tabel 5 dengan (6) didapatkan nilai *net flow* yang digunakan untuk memilih pemasok obat. Nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 6:

Tabel 6 Nilai *Net Flow*

Alternatif	Leaving	Entering	Net Flow
A1	0,3389	0,2455	0,0935
A2	0,1800	0,4044	-0,2245
A3	0,1290	0,4554	-0,3264
A4	0,3653	0,2191	0,1462
A5	0,4478	0,1366	0,3112

Proses penentuan prioritas diurutkan berdasarkan nilai *netflow* terbesar sampai terkecil. Nilai A5 menjadi prioritas utama kemudian setelah itu A4, A1, A2, dan yang terakhir A3.

Tampilan pada sistem dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Perhitungan Prioritas Alternatif

Pembahasan. Secara nyata proses memilih pemasok obat yang terjadi di lapangan, apoteker memilih pemasok obat dengan cara membaca daftar harga obat yang dibawa oleh pemasok obat, para apoteker dalam memilih pemasok obat menggunakan 4 kriteria yakni kelengkapan obat, harga, waktu pengiriman, serta pembayaran atau jangka kredit. Masing-masing apoteker bisa cenderung mementingkan salah satu dari 4 kriteria

tersebut, oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk menyatukan penilaian atau kecenderungan yang dilakukan oleh para apoteker terhadap 4 kriteria tersebut yang dihitung menggunakan metode AHP.

Khusus untuk kriteria kelengkapan obat, berdasarkan hasil wawancara dengan para apoteker serta wawancara dengan dosen farmasi, mereka menyatakan bahwa apoteker mempertimbangkan kebutuhan obat untuk apotek berdasarkan pola penyakit. Dari hasil wawancara tersebut disimpulkan bahwa untuk kriteria kelengkapan obat sifatnya masih sedikit subjektif, karena untuk mengisi kriteria tersebut perlu didasari pemikiran apoteker dengan membaca daftar obat.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa penilaian matriks perbandingan yang dilakukan oleh 13 apoteker dan telah dihitung menggunakan metode AHP terdapat 1 penilaian yang tidak konsisten, selanjutnya diambil 12 penilaian yang konsisten dan dirata-rata untuk menghasilkan pembobotan kriteria. Berdasarkan uraian tersebut dapat diketahui bahwa penilai satu dengan penilai lainnya saling berkaitan dan saling mempengaruhi dalam melakukan penilaian matriks perbandingan antar kriteria untuk mendapatkan bobot kriteria.

Hasil penilaian matriks perbandingan antar kriteria yang dilakukan oleh para apoteker menghasilkan bobot kriteria, sehingga semakin banyak penilai matriks perbandingan antar kriteria akan didapatkan bobot kriteria yang lebih akurat untuk proses perhitungan prioritas alternatif.

Berdasarkan perhitungan prioritas alternatif menggunakan metode PROMETHEE telah diketahui alternatif (A5) dengan nilai net flow 0,3112 merupakan prioritas utama. Dalam perhitungan prioritas alternatif menggunakan metode PROMETHEE digunakan preferensi linear atau preferensi tipe III, dari hasil penelitian preferensi tersebut bisa mengatasi permasalahan ketika perbandingan nilai antar

kriteria sangat kecil, sehingga dari hasil perhitungannya terlihat perbedaannya, dari tabel 4 dapat dilihat alternatif (A2) dan alternatif (A3) mempunyai nilai yang hampir sama, yang membedakan hanya nilai pada kriteria pembayaran atau jangka kredit dimana (A2) memiliki nilai 32 dan (A3) memiliki nilai 30 ada selisih 2 angka, selisih 2 angka dihitung dengan preferensi linear dapat menghasilkan keluaran berbeda.

Perhitungan prioritas alternatif menggunakan metode PROMETHEE dengan preferensi linear terdapat parameter dan kaidah, untuk mendapatkan nilai parameter didapatkan dari pengambil keputusan atau yang menentukan adalah pengambil keputusan, nilai parameter setiap kriteria bisa berbeda tergantung standart nilai yang telah ditentukan oleh pengambil keputusan untuk masing-masing kriteria. Mengenai kaidah dalam metode PROMETHEE dengan preferensi linear terdapat kaidah maksimasi dan minimasi, setiap kriteria dapat memiliki kaidah maksimasi atau minimasi, kriteria dapat diberi kaidah maksimasi apabila pengambil keputusan menginginkan nilai alternatif yang akan dimasukkan semakin besar memungkinkan alternatif tersebut prioritasnya semakin baik, sebaliknya apabila kriteria ingin diberi kaidah minimasi maka dengan menginputkan nilai alternatif yang semakin kecil memungkinkan alternatif tersebut prioritasnya semakin baik.

Dalam penelitian oleh Harsono digunakan 5 penilai untuk melakukan penilaian matriks perbandingan kriteria, untuk masing-masing kriteria menggunakan preferensi yang berbeda [15]. Sedangkan dalam penelitian ini untuk mendapatkan pembobotan kriteria dilakukan penilaian matriks perbandingan kriteria yang telah dinilai oleh 13 penilai. Terdapat 1 penilaian yang tidak konsisten, diambil 12 penilaian yang konsisten dan hasilnya dirata-rata sehingga didapatkan pembobotan untuk masing-masing kriteria, dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin banyak

penilai yang penilaiannya konsisten akan menghasilkan bobot kriteria yang lebih akurat, bobot kriteria ini yang nantinya akan mempengaruhi hasil keluaran prioritas alternatif.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan serta implementasi sistem terhadap implementasi metode AHP dan PROMETHEE untuk pemilihan pemasok, sistem ini dapat menghasilkan prioritas alternatif pemasok obat dari nilai Net Flow tertinggi.

1. Pembobotan kriteria menggunakan metode AHP lebih obyektif dibandingkan pembobotan hanya berdasarkan questioner. Semakin banyak penilai yang melakukan pembobotan kriteria akan menghasilkan bobot kriteria yang objektif.
2. Kaidah dan Parameter untuk masing-masing kriteria dapat mempengaruhi hasil prioritas alternatif.
3. Metode PROMETHEE Tipe Preferensi Linier bisa mengatasi permasalahan ketika perbandingan nilai antar kriteria sangat kecil, sehingga dari hasil perhitungannya terlihat perbedaannya.

Referensi

- [1] Triantapylou, E., dan Ma, S. H., Using Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Application : Some Challenges, International Journal of Industrial Engineering, Applications and Practice 2, 1 (1995) 35-44.
- [2] Alonso, J. A., Consistency in The Analytic Hierarchy Process (AHP) : A New Approach, International Journal of Uncertainly, Fuzziness and Knowledge-Based Systems 14, 4 (2006) 445-459.
- [3] Bayu Surarso, V. Gunawan, M. Nasir, dan A Mufid, Sistem Pendukung Keputusan untuk Peningkatan Kinerja Perusahaan, Laporan Penelitian Tidak

- Dipublikasikan, Program Studi Magister Sistem Informasi, PPs UNDIP (2014).
- [4] Vinodh S., dan Girubha R.J., PROMETHEE based sustainable concept selection. *International Journal Applied Mathematical Modelling* 36 (2012) 5301-5308.
- [5] Akincilar A., dan Dagdeviren M., A hybrid multi-criteria decision making model to evaluate hotel websites. *International Journal of Hospitality Management* 36 (2014) 263– 271.
- [6] Kamal M, Al-Harbi Al-Subhi, Application Of The AHP in Project Management. *Journal of Project Manajemen* 19 (2001) 19-27.
- [7] Tahrini, F., Osman, M. R., Yusuf, R. M., dan Esfandiary, A., AHP Approach for Supplier Evaluation and Selection in a Steel Manufacturing Company, *Journal of Industrial Engineering and Management* 1, 2, (2008) 54-76
- [8] Safari, H., Fagheyi, M.S., Ahangari, S.S., dan Fathi, M.R., Applying PROMETHEE Method based on Entropy Weight for Supplier Selection. *Business management and strategy* 3, 1. (2012)
- [9] Albadvi A., Chaharsooghi S.K., dan Esfahanipour A., Decision making in stock trad-ing: an application of PROMETHEE. *European Journal of Operational Research* 177 (2007) 673–683.
- [10] Wang Jian-Jun, dan Yang De-Li, Using a hybrid multi-criteria decision aid method for information systems outsourcing. *Computers & Operations Research* 34 (2006) 3691 – 3700.
- [11] Kusrini, Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan, Edisi Pertama, Andi, Yogyakarta. (2007)
- [12] Tominanto, 2012, Sistem Pendukung Keputusan dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk Penentuan Prestasi Kinerja Dokter pada RSUD. Sukoharjo. *INFOKES* 2, 1. (2012)
- [13] Brans, J.P., Vincke, PH., dan Mareschal, B., How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research* 24 (1986) 228–238.
- [14] Novaliendry D., Aplikasi Penggunaan Metode Promethee dalam Sistem Pendukung Keputusan untuk Penentuan Media Promosi Studi Kasus: STMIK Indonesia. *Jurnal Ilmiah Kursor* 5, 2. (2009)
- [15] Harsono A., Prasetyo H., Arqom N., Metode Pemilihan Pemasok Sayuran di Supermarket dengan Metode AHP dan PROMETHEE (Studi kasus di PT. Hero Supermarket Cabang Suci Bandung). *Jurnal Itenas Rekayasa* XIII, 4 (2009).
- [16] Ha, Ho S., dan Krishnan, R., A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. *Expert Systems with Applications* 34 (1995) 1303–1311.

Aplikasi Pembuatan Sasaran Kinerja Pegawai (SKP) bagi Dosen Menggunakan Visual Basic Application (VBA)

Jatmiko Endro Suseno

Magister Sistem Informasi (MSI), Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
e-mail: jatmikoendrosuseno@undip.ac.id

ABSTRAK

Peranan Sistem Informasi sangat penting dalam menjalankan tugas dosen utama yaitu tridarma perguruan tinggi seperti pendidikan/pengajaran, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Di samping itu seorang dosen harus memiliki kinerja, integritas, etika dan tata krama, serta tanggung jawab dalam melaksanakan tugas tersebut. Oleh karena tugas profesional yang diemban dosen tersebut maka sesuai Peraturan Pemerintah (PP) bahwa pegawai di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang diangkat sebagai pejabat fungsional Guru berhak mendapatkan remunerasi. Oleh karena itu, setiap dosen diharapkan membuat Sasaran Kinerja Dosen (SKP) setiap semester yang diatur dalam Peraturan Rektor (PERREK) masing-masing perguruan tinggi di Indonesia. SKP berisi rencana kegiatan dilengkapi dengan data-data pendukung seperti jumlah mahasiswa peserta kuliah, berapa sks, jumlah dosen pengampu dan lain-lain. Serta untuk penghitungan SKSR dan SKKR pada SKP perlu melihat kembali buku panduan SKP agar tidak salah dalam pengisian dan penghitungan. Selama ini pembuatan SKP dengan software excel masih dirasa belum memudahkan dosen sangat mengisi SKP tersebut. Oleh karena itu untuk memudahkan pengisian dan penghitungan perlu dibuat aplikasi pembuat SKP secara user friendly dengan aturan pada pedoman pengisian SKP sudah diprogram pada aplikasi menggunakan Visual Basic Application (VBA). Pengembangan software untuk meningkatkan kemampuan pengolahan data dalam memanipulasi tabel data dalam Excel telah banyak digunakan. Para pengguna dapat mencampurkan dan menggunakan kedua jenis bahasa tersebut (VBA dan Macro) untuk memprogram form dan logika dan juga untuk mengaplikasikan konsep berorientasi objek. Pada pembuatan aplikasi pengisian dan penghitungan SKP ini mengambil pedoman di Universitas Diponegoro.

Kata Kunci : *Sistem Informasi, Sistem Kinerja Pegawai (SKP), remunerasi dosen, Visual Basic Application (VBA).*

1. PENDAHULUAN

Peranan dosen dalam pembangunan di Indonesia sangat besar bagi kemajuan dan kesejahteraan masyarakat. Selain mencerdaskan mahasiswa didik, dosen mempunyai kewajiban melaksanakan

tridarma perguruan tinggi. Sejak diberlakukannya Undang-Undang Nomor 14 tahun 2005 tentang Guru dan Dosen, maka peran dan tugas pokok dosen telah berkembang dari yang semula lebih ditekankan pada tugas mengajar menjadi pendidik profesional dan ilmuwan dengan

tugas utama mentransformasikan, mengembangkan, dan menyebarkan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni melalui pendidikan/pengajaran, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Di samping itu seorang dosen harus memiliki kinerja, integritas, etika dan tata krama, serta tanggung jawab dalam melaksanakan tugas.

Pegawai negeri sebagai Pegawai yang Profesional, Presiden mengeluarkan Perpres tentang Remunerasi Tahun 2013 untuk 27 Kementerian dan Lembaga dan salah satunya adalah Kemendikbud yaitu Perpres No. 88 tahun 2013. Dalam PP tersebut disebutkan bahwa pegawai di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang diangkat sebagai pejabat fungsional Guru dan Dosen; dan Pegawai Negeri Sipil pada Badan Layanan Umum yang telah mendapatkan renumerasi sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2012.

Selama ini pembuatan SKP masih sangat manual pada software excel dengan mengetikkan rencana kegiatan dilengkapi dengan data-data pendukung seperti jumlah mahasiswa peserta kuliah, berapa sks, jumlah dosen pengampu dan lain-lain. Serta untuk penghitungan SKSR dan SKKR pada SKP perlu melihat kembali buku panduan SKP agar tidak salah dalam pengisian dan penghitungan. Oleh karena itu untuk memudahkan pengisian dan penghitungan perlu dibuat aplikasi pembuat SKP secara user friendly dengan aturan pada pedoman pengisian SKP sudah diprogram pada aplikasi menggunakan Visual Basic Application (VBA). Pada pembuatan aplikasi pengisian dan penghitungan SKP ini mengambil pedoman di Universitas Diponegoro yang diatur pada Peraturan Rektor (PERREK)

UNDIP no. Dan diperbaharui PERREK UNDIP no, 8 tahun 2015

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sasaran Kinerja Pegawai (SKP) Dosen

Pembuatan Sistem Kinerja Pegawai (SKP) wajib dibuat oleh setiap dosen berdasarkan Peraturan Presiden RI (Perpres) No 88 Tahun 2013 yang diterbitkan pada 11 Desember 2013. Dalam Perpres mengenai Tunjangan Kinerja Pegawai di Lingkungan Kemendikbud, dosen dikecualikan sebagai penerima Tunjangan Kinerja (Pasal 3.1.f). Perpres No 88/2013 ini terkait dengan upaya reformasi kepegawaian yang memberikan 'tambahan insentif' resmi bagi PNS termasuk dosen sesuai target kerja dan pencapaian kinerja masing-masing. Selain itu, tambahan insentif yang disebut 'remunerasi' dimungkinkan Peraturan Pemerintah (PP) No 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum (BLU) tentang Remunerasi. Bagian ketiga Pasal 36 (1 dan 2) menyatakan, pejabat pengelola, dewan pengawas, dan pegawai BLU dapat diberikan remunerasi.

Pembuatan Sistem Kinerja Pegawai (SKP) bagi dosen wajib dibuat pada awal semester berupa kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan oleh dosen pada semester tersebut. Target kegiatan tersebut merupakan perkiraan kegiatan yang kemungkinan dapat dicapai oleh dosen dan nilai SKP tersebut sebagai dasar mendapatkan insentif renumerasi dosen sebesar 30% dari total besaran insentif tergantung pada jabatan fungsional yang dimiliki setiap dosen yang sudah ditentukan besarnya berdasarkan keputusan rektor universitas. Sedangkan sisanya sebesar 70% akan dibayarkan pada akhir semester apabila telah membuat dan memenuhi Laporan SKP yang telah dicapai pada semester tersebut.

Adapaun kegiatan-kegiatan SKP dibagi menjadi 2 (dua) kegiatan utama yaitu Satuan Kredit Semester Remunerasi (SKSR) dan Satuan Kredit Kegiatan Remunerasi (SKKR). (UNDIP, 2015)

Kegiatan yang dihitung dengan Satuan Kredit Semester Remunerasi (SKSR) merupakan kegiatan-kegiatan bidang akademik dan penunjang yang dihitung sksnya dengan menilai dengan kriteria sks adaptasi dari Dikti dengan jumlah maksimum 24 sks/ semester. Pada kegiatan kuliah mimbar atau diskusi tutorial, jumlah mahasiswa per kelas atau per kelompok maksimum adalah sebagai berikut (UNDIP, 2015a):

- S0/ S1 : 80 mahasiswa
- S2/ Profesi/ Sp1 : 40 mahasiswa
- S3 : 20 mahasiswa

Sedangkan Kegiatan yang dihitung dengan Satuan Kredit Kegiatan Remunerasi (SKKR) merupakan kegiatan-kegiatan bidang akademik dan penunjang ada yang tidak dihitung dalam Satuan Kredit Semester Remunerasi (SKSR), sehingga dinilai dengan Satuan Kredit Kegiatan Remunerasi (SKKR), dengan nilai: 1 SKKR = Rp 50.000,- (UNDIP, 2015).

2.2 Visual Basic Application (VBA)

Bahasa Visual Basic dikembangkan dengan software lain hingga muncul bahasa pemrograman yang lain berupa Visual Basic Application (VBA). Hal ini membuat bahasa ini semakin populer di kalangan programmer aplikasi. Program VBA telah banyak mengalami penyempurnaan dan memiliki berbagai macam kelebihan dari generasi sebelumnya, diantaranya (Andi, 2001):

- 1) Kompiler yang sangat cepat.
- 2) Kontrol data objek untuk activex yang baru.

- 3) Sudah mendukung basis data yang terintegrasi dengan variasi aplikasi yang sangat luas.
- 4) Adanya Package & Deployment Wizard mempermudah proses distribusi file dari program yang dibuat.
- 5) Adanya dukungan terhadap internet.

Visual Basic for Application atau VBA adalah sebuah bahasa pemrograman yang dibuat oleh Microsoft dan dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan aplikasi Office, termasuk di dalamnya Excel. VBA atau Visual Basic for Application, merupakan embedded programming language yang secara default telah ada dalam aplikasi Microsoft Office (Microsoft, 2005). Penggunaan VBA atau lazim disebut sebagai macro, mampu menyediakan implementasi module, class module dan user form atau interface form dalam sebuah dokumen Microsoft Office. Dalam eksperimen ini, VBA akan dimanfaatkan untuk pemanggilan XML Web Service dengan menggunakan instalasi Office Web Service Toolkit (hanya tersedia di Microsoft Office XP dan Microsoft Office 2003).

Macro sendiri adalah kumpulan command dan prosedur untuk melakukan tugas tertentu, disimpan dalam bentuk modul pada file Excel. Macro dapat dipanggil untuk menanggapi suatu kejadian (event) seperti suatu klik pada tombol.

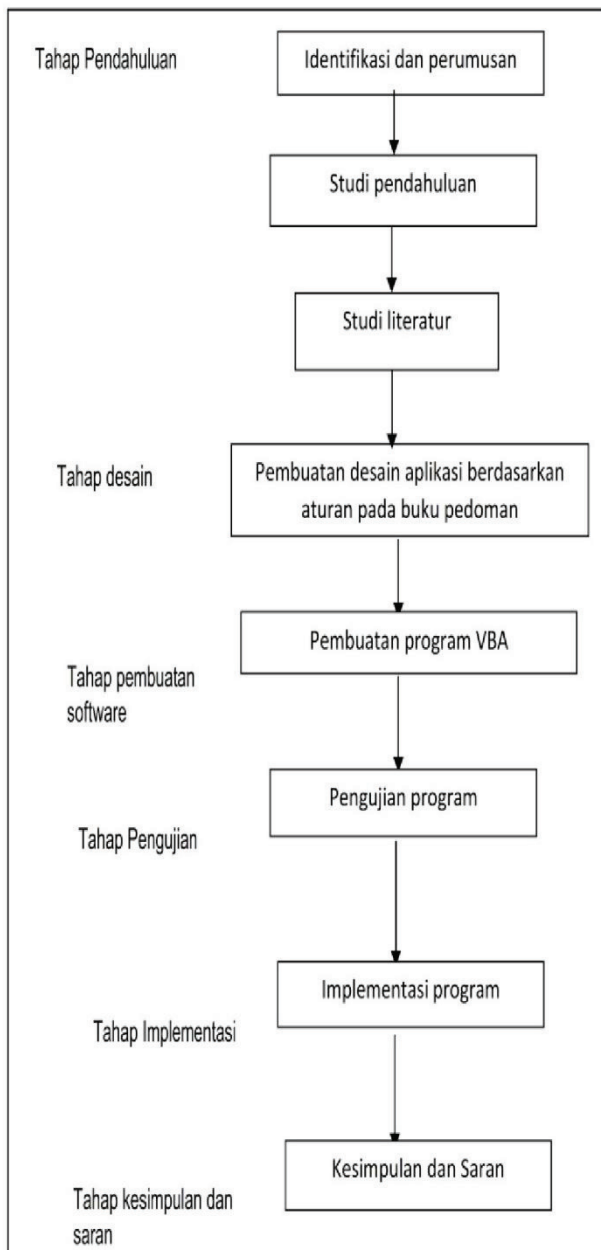
3. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan memiliki berapa tahapan prosedur yang terbagi menjadi 6 tahap, adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan pada gambar 1 dibawah.

Berdasarkan gambar 1 tersebut, penjelasan mengenai tahapan prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi dan Perumusan, Dalam tahap ini dilakukan pendefinisian mengenai

latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian serta metodologi yang digunakan untuk memecahkan permasalahan.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

2. Studi Pendahuluan

Dalam studi awal sebelum dilakukan desain program maka perlu dilakukan studi pustaka studi pustaka dilakukan dengan cara mempelajari aturan-aturan yang terkait penghitungan SKP.

3. Desain Program VBA

Pada Tahap ini seluruh aturan-aturan terbaru yang terkait penghitungan SKP disusun berupa suatu organisasi perbagian kegiatan yang meliputi 2 (dua) kegiatan utama yaitu SKSR dan SKKR. Dengan desain tersebut memudahkan dalam membuat program VBA.

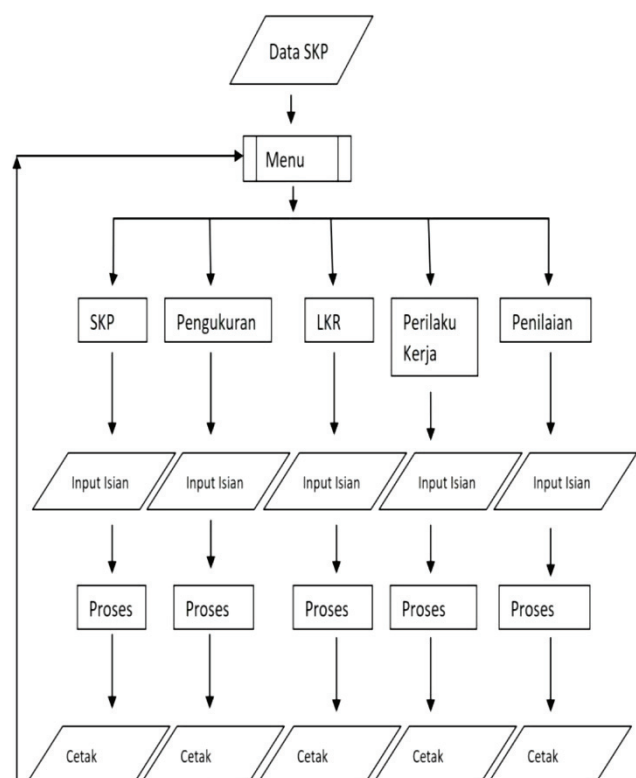
4. Pembuatan program

Pembuatan aplikasi perlu memperhatikan kemudahan user dalam memasukan data secara user friendly sehingga pembuatan SKP emnjadi lebih mudah, sederhana dan menyenangkan.

5. Pengujian dan Implementasi

Aplikasi yang dihasilkan diuji pada beberapa dosen dan dilakukan wawancara tanggapan dosen-dosen tersebut dan apabila masih ada kekurangan dan kekurangnyamanan dalam pembuatan SKP akan dilakukan koreksi seoptimal mungkin.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Tabel 1. Contoh pengisian dan perhitungan SKP.

Sedangkan beberapa contoh hasil tampilan dari aplikasi pengisian SKP ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 2. Flow chart Bagian Pengisian Isian dan perhitungan Data dan SKKR/SKSR mengikuti Peraturan Rektor (PERREK) no, 8 tahun 2015. Dengan bagian-bagian Kegiatan utama adalah Perkuliahan, Pembimbingan/Pengujian, Penelitian, Pengabdian dan Penunjang. Adapapun contoh pengisian dan perhitungan pada kegiatan Perkuliahan atau Mengajar dapat ditunjukkan pada tabel 1. berikut.

Perintah	Perkuliahan/Mengajar
Input	<ul style="list-style-type: none"> - Mata Kuliah - Jumlah SKS - Jml tatap muka - Mandiri/Team teacing - Jumlah Mahasiswa
Proses (PERREK No 8 tahun 2015)	<p>- $SKSR = A * (B/m * 14) * IF(C > n; 1; 0) / D$</p> <p>Keterangan :</p> <p>A: SKS</p> <p>B: Jumlah Tatap muka</p> <p>C: Jumlah mahasiswa</p> <p>D: Jumlah dosen pengampu (team teaching)</p> <p>n: Jumlah minimum mahasiswa (n=40 untuk S1 dan n=20 untuk S3)</p> <p>m: Faktor jumlah tatap muka (m=1 untuk kuliah/tutorial & m = 2 untuk praktikum)</p>
Output	<ul style="list-style-type: none"> - Kegiatan - Jumlah SKSR - Target Kegiatan

Tampilan ini sudah sesuai dengan pengisian menggunakan file excel SKP lama sehingga nantinya tidak terjadi perbedaan saat di kumpulkan ke Fakultas/Universitas. Hasil tampilan sebelum dicetak dapat ditampilkan terlebih dahulu preview cetaknya yang terletak pada bagian bawah layar tampilan. Sehingga user dapat mengetahui kesalahan sebelum dilakukan pencetakan pada alat cetak (printer).

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dibuat maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. SKP sudah diprogram pada aplikasi menggunakan Visual Basic Application (VBA) dan Macro untuk memprogram form dan logika dan juga untuk mengaplikasikan konsep berorientasi objek.
2. Aplikasi pembuat SKP secara user friendly sehingga memudahkan pengisian dan penghitungan dengan aturan pada pedoman pengisian

DAFTAR PUSTAKA

Andi, 2001, Tip&Trik Pemrograman Visual Basic 6.0, Yogyakarta

UNDIP, 2015a, Pedoman Perhitungan Satuan Kredit Semester Remunerasi (SKSR) Dalam Rangka Remunerasi Dosen, Universitas Diponegoro, 2015

UNDIP, 2015b, Pedoman Perhitungan Satuan Kredit Kinerja Remunerasi (SKKR) Dalam Rangka Remunerasi Dosen Dan Tenaga Kependidikan, Universitas Diponegoro, 2015

Madcoms, 2003, Seri Panduan Pemrograman Microsoft Visual Basic 6.0 , Andi Offset, Yogyakarta

Microsoft,2005, MSDN Library for Visual Studio 2005, Washington, Microsoft

Gambar 3. Tampilan pengisian

Pada tampilan pengisian data dibuat sedemikian mudah dengan pilihan yang sudah disediakan. Pengisian data pilihan Tahun, Semester dan Bulan juga digunakan sebagai filter aplikasi SKP dengan data kegiatan pada Tahun dan Semester yang sesuai seperti yang diinginkan. Menu pengisian pada SKSR dan SKKR disesuaikan dengan data yang diperlukan berdasarkan pedoman pengisian SKP. Data-data ini nantinya akan dibuat Narasi kegiatan dan untuk keperluan perhitungan mendapatkan nilai akhir SKP.

Setelah SKP sudah diisi dengan data yang benar maka SKP siap dicetak atau diprint (Gambar 4). Perhitungan SKKR dan SKSR pada SKP berdasarkan pengisian semua kegiatan pada satu semester secara detail

FORMULIR SASARAN KERJA PEGAWAI NEGERI SIPIL									
NO. & PEMBAK PENILAI					NO. & PELAYAN NEGERI SIPIL YANG DINILAI				
1	Nama	Dr. Rahmat Gunawan, MEd			1	Nama	Dr. Jembatik Rahmawati, MEd		
2	NIP	196112121994031001			2	NIP	197112121990021001		
3	Pangkat/Gol.Ruang	Pembina/IIA			3	Pangkat/Gol.Ruang	Pembina TA I/UC		
4	Jabatan	Ketua Rector			4	Jabatan	Ketua		
5	Unit Kerja	Fakultas Sains dan Matematika			5	Unit Kerja	Fakultas Sains dan Matematika		
NO. & KEGIATAN TUGAS JABATAN					TABEL				
					NO.	DESKRIPSI	WAKTU	SKOR	REMARKS
					1	2	3	4	5
1. KEGIATAN BINA POKOK BAHASAN DAN PENGAJARAN									
Mengajar mata kuliah anatomi dasar (untuk dokter kelas 1) SKS per semester 14 dan 7 SKS semester 2									
1	Kegiatan 11 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas A (1) dan dg kelurahan 13 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2 dosen, 73 nilai				1.00	1.00	3	100%	0
2	Kegiatan 12 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas B (2) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2 dosen, 73 nilai				1.00	1.00	3	100%	0
3	Kegiatan 13 Praktikum Keperawatan Farmasi Kelas A (1) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	1	100%	0
4	Kegiatan 14 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas B (2) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	2	100%	0
5	Kegiatan 15 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas A (1) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	1	100%	0
6	Kegiatan 16 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas B (2) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	3	100%	0
Total Nilai dan Rata-rata (1)									
7	Kegiatan 17 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas A (1) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	4	100%	0
8	Kegiatan 18 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas B (2) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	4	100%	0
Total Nilai dan Rata-rata (2)									
2. KEGIATAN BINA POKOK BAHASAN DAN PENGAJARAN									
Mengajar mata kuliah anatomi dasar (untuk dokter kelas 1) SKS per semester 14 dan 7 SKS semester 2									
1	Kegiatan 11 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas A (1) dan dg kelurahan 13 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2 dosen, 73 nilai				1.00	1.00	3	100%	0
2	Kegiatan 12 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas B (2) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2 dosen, 73 nilai				1.00	1.00	3	100%	0
3	Kegiatan 13 Praktikum Keperawatan Farmasi Kelas A (1) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	1	100%	0
4	Kegiatan 14 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas B (2) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	2	100%	0
5	Kegiatan 15 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas A (1) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	1	100%	0
6	Kegiatan 16 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas B (2) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	3	100%	0
Total Nilai dan Rata-rata (1)									
7	Kegiatan 17 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas A (1) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	4	100%	0
8	Kegiatan 18 Mata Kuliah Keperawatan Farmasi Kelas B (2) dan dg kelurahan 14 kali pertemuan dari total 14 pertemuan, team teaching 2				1.00	1.00	4	100%	0
Total Nilai dan Rata-rata (2)									

Gambar 4. Hasil cetak SKP global.

Pengembangan Sistem Pengenal Telapak Tangan Menggunakan Metode Tapis Gabor 2-D dan *Learning Vector Quantization* (LVQ)

R. Rizal Isnanto

Program Magister Sistem Informasi
Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Imam Bardjo, S.H. No. 5 Semarang 50241, Indonesia

Abstrak

Biometrika merupakan pengembangan dari metode dasar identifikasi seseorang dengan menggunakan karakteristik alami manusia sebagai basisnya. Telapak tangan (*palmprint*) merupakan salah satu dari organ tubuh manusia yang bisa digunakan sebagai identifikasi karena bersifat unik. Setiap telapak tangan memiliki tekstur yang detail dan unik berdasarkan ciri garis-garis utama (*principal-line features*) dan ciri garis-garis kusut (*wrinkles features*), bahkan berbeda antara telapak tangan kanan dan kiri. Telapak tangan juga tidak dapat berubah serta stabil selama berpuluh-puluh tahun, sehingga dapat digunakan dalam sistem identifikasi. Pada penelitian ini proses yang dilakukan untuk identifikasi telapak tangan adalah akuisisi data, pengolahan awal, normalisasi intensitas citra hasil segmentasi, ekstraksi ciri dan klasifikasi. Algoritma yang digunakan untuk ekstraksi ciri tekstur telapak tangan adalah tapis *Gabor 2-D* sedangkan untuk mengklasifikasikan ciri dari tekstur telapak tangan digunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Learning Vector Quantization* (LVQ). Pengujian dilaksanakan dengan program simulasi menggunakan perangkat lunak Matlab 7.12 (2010a). Pengenalan terhadap klasifikasi nilai vektor ciri pada setiap telapak tangan diperoleh dari banyaknya nilai pengenalan atau jumlah persentase setiap nilai vektor ciri terhadap nilai kelas target yang ditentukan. Persentase pengenalan terbaik adalah 87,5 % dari 40 citra uji dari 20 individu dengan 35 citra uji dikenali dengan tepat pada individunya sedangkan 5 citra uji lainnya dikenali sebagai individu yang salah.

Kata-kunci : *telapak tangan, Tapis Gabor 2-D, Learning Vector Quantization*

Abstract

Biometrics is a science concerning from the methods for identifying a person which is based on natural characteristics of human. Palmprint is one of the organs of human body that can be used as identification because it is uniqueness. Each palm has a unique detail and texture characteristics based on the main lines (principal-line features) and tangles characteristic lines (wrinkles features), even different between the right and left hand. Palms also can not be changed and stable for decades, so it can be used in the identification system. In this research, the identification process consists of data acquisition, intensity normalization results of image pre-processing segmentation, feature extraction and classification. The algorithm used for the extraction features of texture palmprint is 2-D Gabor filter and to classify the texture characteristics of the textural feature palmprint will be used Neural Network Learning Vector Quantization (LVQ). Some tests were conducted by using the software simulation program Matlab 7:12 (2011a). Classification for recognizing feature vector value of iris has been found from the recognized value or total percentage of feature vector iris value to the definite vector target. Best recognition percentage is 87,5% of 40 test images of 20 individuals with 35 test images correctly identified on individual test images, while 5 other individuals as wrong recognized .

Keywords: *palmprint, 2-D Gabor filter, Neural Network Learning Vector Quantization (LVQ)*

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada era informasi ini, kebutuhan terhadap sistem pengenalan diri (*personal recognition*) semakin meningkat, mulai dari pelayanan kesehatan, pengurusan rekening bank, pelayanan penerbangan, keimigrasian, dan masih banyak lainnya terutama yang berkaitan dengan sistem keamanan. Sistem pengenalan diri bertujuan untuk mengenali identitas seseorang. Terdapat dua tipe sistem pengenalan, yaitu sistem verifikasi dan identifikasi. Sistem verifikasi bertujuan untuk menerima atau menolak identitas yang diklaim oleh seseorang, sedangkan sistem identifikasi bertujuan untuk mengenali identitas seseorang.

Telapak tangan (*palmprint*) merupakan salah satu biometrika yang dapat dipakai untuk sistem pengenalan diri. Telapak tangan memiliki beberapa karakteristik unik yang menjadi kelebihan untuk digunakan pada sistem pengenalan diri.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan Penelitian ini adalah menghasilkan sebuah aplikasi sistem yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi seseorang berdasarkan telapak tangan menggunakan ekstraksi ciri tapis Gabor 2-D dan algoritma Learning Vector Quantization (LVQ).

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang jauh dari permasalahan, maka Penelitian ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut :

1. Perangkat lunak yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Pemrograman Matlab (R2011a).
2. Citra telapak tangan yang digunakan merupakan citra telapak tangan kiri.
3. Citra telapak tangan yang digunakan merupakan telapak tangan normal (tidak cacat).
4. Objek yang digunakan sebagai *input* identifikasi adalah citra telapak tangan diam.
5. Citra telapak tangan yang akan diproses tidak memiliki gangguan (coretan ballpoint atau

kotoran lainnya).

6. Citra telapak tangan yang digunakan adalah citra berwarna.
7. Format *file* citra telapak tangan yang digunakan adalah format standar citra: *jpg* atau *jpeg*.
8. Ciri biometrika telapak tangan yang akan diproses adalah ciri garis-garis utama (*principal-line features*) dan ciri garis-garis kusut (*wrinkles features*).

2. Metode

2.1 Pengolahan Awal Citra

Pengolahan awal (*preprocessing*) bertujuan untuk mengolah citra agar dapat diambil karakteristik tekstur telapak tangan. Pada Tahap ini diharapkan dapat diperoleh informasi dari suatu citra secara optimal. Tahap pengolahan awal dalam penelitian ini terdiri atas :

1. Pembacaan Berkas Citra.

Pembacaan berkas citra merupakan langkah awal sebelum melakukan proses selanjutnya. Pada tahap ini citra sudah tersimpan di data komputer. Citra ini yang nantinya akan dijadikan sebagai data latih maupun data uji.



Gambar 2.1 Gambar telapak tangan manusia

2. *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*.

CLAHE termasuk teknik perbaikan citra yang digunakan untuk memperbaiki kontras pada citra. *CLAHE* memperbaiki *local contrast* pada citra. *CLAHE* merupakan generalisasi dari *Adaptive Histogram Equalization (AHE)*.

Berbeda dengan *histogram equalization* yang beroperasi pada keseluruhan *region* pada citra, *CLAHE* beroperasi pada *region* kecil

pada citra *grayscale* yang disebut dengan *tile*. Kontras pada setiap *tile* diperbaiki sehingga histogram yang dihasilkan dari *region* tersebut kira-kira cocok dengan bentuk histogram yang ditentukan. *Tile* yang saling bertetangga disambungkan dengan menggunakan interpolasi bilinear. Hal ini dilakukan agar hasil penggabungan *tile* terlihat halus.

3. Deteksi Tepi Canny.

Salah satu masalah mendasar dalam analisis citra adalah proses deteksi tepi. Tepi citra memberi watak batasan-batasan citra. Tepi citra dapat didefinisikan sebagai piksel-piksel yang mengalami perubahan tajam pada skala keabuannya. Pendekatan algoritma Canny dilakukan berdasarkan konvolusi fungsi citra dengan operator Gaussian.

4. Binerisasi Citra.

Binerisasi citra merupakan proses merubah citra ke dalam bentuk biner. Dengan merubah ke bentuk biner, citra hanya akan mempunyai 2 warna yakni hitam dan putih. Dengan proses ini, citra RGB juga akan menjadi 1 matriks penyusun saja. Citra biner (*binary image*) adalah citra yang setiap pikselnya hanya memiliki 2 kemungkinan derajat keabuan yakni 0 dan 1.

5. Region Properties

Region properties adalah bagian dari segmentasi, yaitu bagaimana kita menentukan properties dari sebuah citra, properties dapat berupa *pixel value* atau dapat berupa bentuk dari citra tersebut. Jika properties berbentuk *string* maka Matlab akan menghitung semua pengukuran yang berhubungan dengan bentuk dari objek, namun jika properties berbentuk *grayscale* maka Matlab akan menghitung semua pengukuran yang berhubungan dengan *pixel value* dari objek. *Centroid* adalah properties dasar yang terdapat pada Matlab, *centroid* atau pusat massa dari sebuah daerah (*region*) dapat diperoleh dengan cara mencari properties dari daerah tersebut.

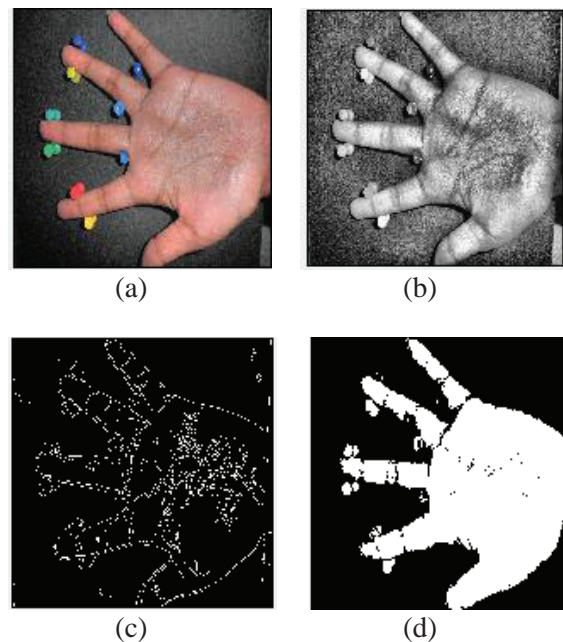
6. Kandidat Region Properties

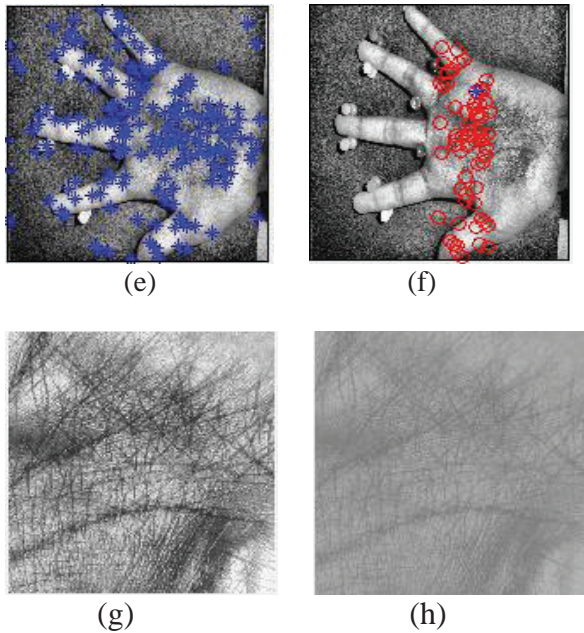
Seleksi kandidat centroid dilakukan dengan dua tahap, yaitu penyempitan luasan area kandidat centroid dan yang kedua menseleksi kandidat centroid dengan menghitung jumlah area putih pada tiap kandidat centroid.

Tahap pertama penyempitan kandidat centroid dilakukan dengan cara mengambil hasil kandidat centroid pada luasan area citra yang terletak antara 50 sampai 70 persen pada citra tersebut. Tahap kedua yaitu hasil dari penyempitan tersebut dilakukan perhitungan terhadap tiap kandidat centroid. Perhitungan menggunakan citra telapak tangan yang sudah di binerisasi. Perhitungan ini menghitung besarnya daerah area putih tiap kandidat centroid pada citra yang telah di binerisasi. Centroid dengan area putih diatas 95 persen dianggap sebagai kandidat centroid yang pantas digunakan untuk proses segmentasi selanjutnya.

6. Cropping dan Normalisasi Intensitas.

Cropping adalah pemotongan bagian tertentu dari citra menjadi matrik baru yang independen. Normalisasi bertujuan untuk mengurangi kesalahan akibat ketidaksempurnaan atau ketidakseragaman pencahayaan pada saat akuisisi.





Gambar (2.2) :

- Citra awal berupa citra telapak tangan.
- Citra hasil penajaman kontras.
- Hasil dari deteksi tepi canny.
- Hasil binerisasi citra.
- Hasil regionprops (centroid) pada citra telapak tangan.
- Hasil seleksi kandidat centroid.
- Hasil cropping citra telapak tangan.
- Hasil normalisasi intensitas.

2.2 Tapis Gabor 2-D

Fungsi Gabor pertama kali diperkenalkan oleh Denis Gabor pada tahun 1946, yang mana fungsi tersebut digunakan untuk mendeteksi sinyal dalam *noise*. Fungsi Gabor kemudian dikembangkan menjadi 2-D oleh Daugman pada tahun 1980. Tapis Gabor 2-D dalam domain spasial dirumuskan dengan persamaan ^[2]:

$$h(x,y) = \frac{1}{2\pi} \exp \left[-a^{2u} \frac{x^2 + y^2}{2} \right] \exp [u\pi a(x \cos \theta + y \sin \theta)]$$

Dengan : $a = \frac{1}{\sqrt{2}}$ dan $u = 0, 1, 2, \dots$

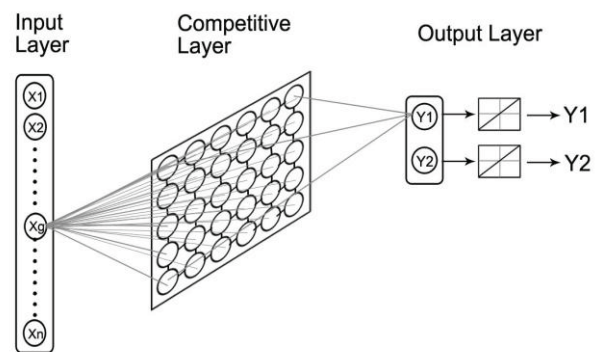
Pemilihan frekuensi u dan orientasi θ yang berbeda-beda akan membentuk sebuah tapis. Jika frekuensi sinusoidal berubah, ukuran jendela akan berubah. Fungsi dasar Gabor 2-D digunakan untuk membentuk tapis kawasan spasial. Setiap tapis dibuat dari sepasang tapis yang merupakan bagian riil dan imajiner dari sinusoidal kompleks.

2.3 Learning Vector Quantization

Learning Vector Quantization

(LVQ) adalah suatu metode untuk melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi. Suatu lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mrngklasifikasikan vektor-vektor *input*. Kelas-kelas yang didapatkan sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini hanya tergantung pada jarak antara vektor-vektor *input*. Jika dua vektor *input* memiliki nilai yang mendekati atau hampir sama, maka dalam lapisan kompetitif akan mengenali kedua vektor *input* tersebut ke dalam kelas yang sama. Jadi *Learning Vector Quantization* (LVQ) adalah metode untuk mengklasifikasi (pengelompokan) pola dan memiliki output yang mewakili dari kelas tertentu.

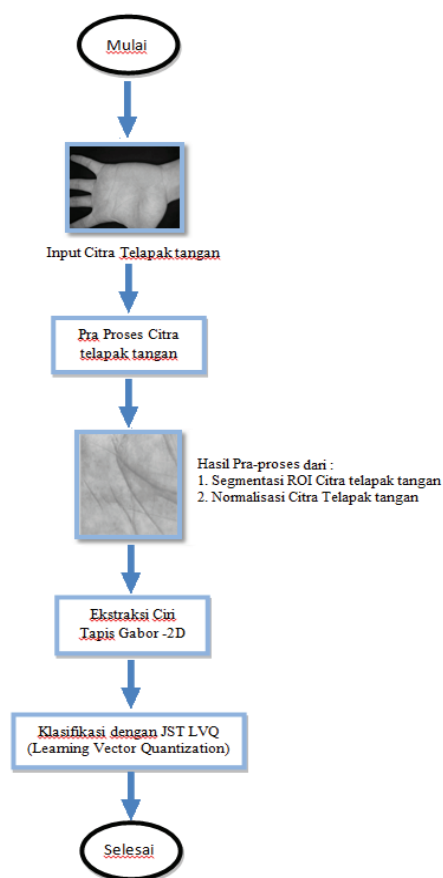
Arsitektur jaringan syaraf LVQ pada dasarnya sama dengan Kohonen Self Organizing Map (tanpa suatu struktur topologis yang diasumsikan untuk output). Arsitekturnya terdiri dari lapisan input, lapisan kompetitif (lapisan tersembunyi/hidden layer), dan lapisan output. Masing-masing output memiliki kelas yang sebelumnya telah dibentuk dan dikenali dari hasil pelatihan jaringan syaraf LVQ ini. Gambar 2.3 menunjukkan layer-layer pada LVQ. ^[14]



Gambar 2.3 Gambar Layer Learning Vector Quantization

3. Hasil dan Analisis

3.1 Diagram Alir Perangkat Lunak



Gambar 2.4 Diagram Alir Perancangan sistem

Berikut penjelasan proses-proses yang terdapat pada diagram alir diatas yang merupakan tahapan aplikasi identifikasi diri berdasarkan telapak tangan:

1. Input citra masukan.

Pada tahap ini pemilihan masukan berupa citra telapak tangan yang sudah direkam sebelumnya menggunakan camera digital dengan resolusi 640 x 480 piksel. Citra ini

yang kemudian akan dijadikan citra awal pemrosesan.

2. Pra-proses citra telapak tangan

a. Segmentasi *Region Of Interest* (ROI) telapak tangan.

Penentuan daerah telapak tangan yang diminati atau yang lebih dikenal dengan *Palmprint Region Of Interest* (ROI) merupakan bagian yang sangat penting dari identifikasi telapak tangan, karena identifikasi telapak tangan pada dasarnya adalah mencocokkan fitur ROI telapak tangan yang diuji dengan fitur ROI telapak tangan acuan.

b. Normalisasi *Region Of Interest* (ROI) telapak tangan.

3. Ekstraksi ciri citra telapak tangan

Teknik ekstraksi ciri yang digunakan adalah Tapis Gabor 2-D yang akan mengekstraksi ciri dari citra telapak tangan yang telah ternormalisasi. Hasil dari ekstraksi ciri dengan tapis Gabor 2-D adalah berupa vektor ciri.

4. Pembelajaran ciri citra telapak tangan menggunakan LVQ.

Dalam proses pembelajaran, *Learning Vector Quantization* (LVQ) digunakan untuk mengenali dan mengelompokkan vektor-vektor masukan dari citra latih/pembelajaran. Proses pembelajaran ini akan mencari bobot/beban akhir dari kumpulan data vektor ciri, untuk selanjutnya bobot/beban akhir dari pembelajaran digunakan dalam proses identifikasi citra telapak tangan.

5. Pengujian/identifikasi citra telapak tangan menggunakan LVQ.

Dalam proses pengujian LVQ digunakan untuk mengidentifikasi citra telapak tangan dengan mengklasifikasikan vektor masukan dari citra uji.

3.2 Ekstraksi Ciri Tapis Gabor 2-D

Masukan pada proses ini adalah citra telapak tangan hasil normalisasi dengan ukuran 160 x 160 piksel. Berdasarkan persamaan gabor 2-D pemilihan frekuensi u dan orientasi θ yang berbeda-beda akan membentuk sebuah tapis. Dalam penelitian ini digunakan 4 level frekuensi u dan 4 orientasi θ . Vektor ciri dihasilkan dari keluaran tapis

dengan kombinasi 4 nilai frekuensi u dan 4 nilai orientasi θ sehingga menghasilkan 16 ciri (*feature*) dari sebuah tekstur. Pada penelitian ini, level frekuensi u yang digunakan adalah 2, 3, 4, dan 5 dengan orientasi θ yang digunakan 45° , 90° , 135° , 180° . Ukuran kedok (Mask) yang digunakan adalah 35×35 . Untuk kombinasi satu level frekuensi dan orientasi, keluaran penapis merupakan modulasi dari rata-rata keluaran konvolusi dari tapis kedok (mask) nyata dan imajiner pada semua piksel yang dikonvolusikan, yang dihitung sebagai berikut

$$\text{Feature extraction} = \frac{R_{ave}^2 + I_{ave}^2}{2}$$

Dengan R_{ave} merupakan hasil konvolusi dari citra dengan tapis kedok nyata sedangkan I_{ave} merupakan hasil konvolusi dari citra dengan tapis kedok imajiner. Persamaan ini berarti setiap pasangan tapis kompleks untuk satu level frekuensi digunakan untuk mengambil satu ciri (*feature*) dari tekstur.

3.3 Klasifikasi dengan Jaringan Saraf Tiruan LVQ

Setelah melalui proses ekstraksi ciri, selanjutnya nilai-nilai yang dihasilkan dimasukkan ke dalam jaringan saraf tiruan. Jaringan saraf tiruan ini nantinya akan terjadi proses pembuatan jaringan untuk pembelajaran maupun pengujian vektor ciri. Pada penelitian kali ini digunakan jaringan saraf tiruan Learning Vector Quantization (LVQ).

Algoritma Learning Vector Quantization bertujuan akhir mencari nilai bobot yang sesuai untuk mengelompokkan vektor-vektor *input* kedalam kelas tujuan yang telah diinisialisasi pada saat pembentukan jaringan Learning Vector Quantization. Sedangkan algoritma pengujiannya adalah menghitung nilai *output* (kelas vektor) yang terdekat dengan vektor *input*, atau dapat disamakan dengan proses pengklasifikasian (pengelompokkan).

3.4 Pengujian Jumlah iterasi dan Neuron Tersembunyi

Pengujian untuk memperoleh jaringan dengan kinerja yang baik dilakukan dengan

mencari nilai-nilai parameter jaringan LVQ yang berpengaruh dalam mengendalikan kinerjanya, yaitu jumlah neuron tersembunyi dan jumlah iterasi. Pengujian jumlah neuron tersembunyi pada penelitian ini adalah 500, 1000, dan 2000 neuron tersembunyi yang akan diuji pada masing-masing jaringan. Sedangkan jumlah iterasi yang digunakan untuk pengujian adalah 500 dan 1000 iterasi. Untuk laju pembelajaran diberikan nilai *default* yaitu 0,01 dalam pelatihan.

Berdasarkan hasil pengujian maka jaringan kinerja paling baik dalam proses pengenalan ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 3.1 tabel pelatihan jaringan LVQ

No	Jaring-an	Indi-vidu	Jum-lah iterasi	Neuron tersembun-yi	Waktu kinerja	Kinerja jaringan
1	Net1	1-10	500	500	512	0,0200
2	Net2	1-10	500	1000	911	0,0171
3	Net3	1-10	500	2000	2178	0,0486
4	Net4	1-10	1000	500	960	0,0171
5	Net5	1-10	1000	1000	1828	0,0171
6	Net6	1-10	1000	2000	4369	0,0171
7	Net7	11-20	500	500	542	0,0257
8	Net8	11-20	500	1000	1032	0,0229
9	Net9	11-20	500	2000	2265	0,0229
10	Net10	11-20	1000	500	1127	0,0229
11	Net11	11-20	1000	1000	1978	0,0229
12	Net12	11-20	1000	2000	4566	0,0257

Pada pelatihan ini menggunakan net2 untuk individu 1 sampai 10 dan net8 untuk individu 11 sampai 20 karena jaringan tersebut dianggap paling baik diantara jaringan yang lain.

3.5 Pengujian Hasil Pelatihan Terhadap Citra Latih

Jaringan yang dilatih akan disimpan dan dapat digunakan pada proses selanjutnya yaitu proses pengujian citra uji telapak tangan. Pada pengujian pengenalan nilai vektor ciri, tidak semua pengklasifikasian nilai vektor ciri diklasifikasikan pada kelas yang tepat.

Sebelum melakukan pengujian terhadap citra uji telapak tangan maka perlu dilakukan verifikasi hasil jaringan dengan citra latih itu sendiri. Hasil pengenalan untuk masing-masing citra latih terhadap jaringan yang dibuat dapat disusun menjadi tabel berikut.

Tabel 3.2 Pengenalan vektor ciri citra latih

No	Klasifikasi	Jaringan	Pengenalan
1	Individu 1	net2	Citra 6 / 7 = 85,72 %
2	Individu 2	net2	Citra 7 / 7 = 100%
3	Individu 3	net2	Citra 7 / 7 = 100%
4	Individu 4	net2	Citra 7 / 7 = 100%
5	Individu 5	net2	Citra 7 / 7 = 100 %
6	Individu 6	net2	Citra 6 / 7 = 85,72 %
7	Individu 7	net2	Citra 7 / 7 = 100%
8	Individu 8	net2	Citra 5 / 7 = 71,42%
9	Individu 9	net2	Citra 7 / 7 = 100 %
10	Individu 10	net2	Citra 5 / 7 = 71,42 %
11	Individu 11	net8	Citra 7 / 7 = 100 %
12	Individu 12	net8	Citra 6 / 7 = 85,72 %
13	Individu 13	net8	Citra 7 / 7 = 100 %
14	Individu 14	net8	Citra 6 / 7 = 85,72 %
15	Individu 15	net8	Citra 5 / 7 = 71,42 %
16	Individu 16	net8	Citra 6 / 7 = 85,72 %
17	Individu 17	net8	Citra 6 / 7 = 85,72 %
18	Individu 18	net8	Citra 7 / 7 = 100 %
19	Individu 19	net8	Citra 7 / 7 = 100 %
20	Individu 20	net8	Citra 6 / 7 = 85,72 %

Dari hasil tabel diatas dapat dilihat bahwa pada citra latih individu 1 yang dikenali sebanyak 6 citra sedangkan 1 citra dikenali sebagai individu lain. Maka pengenalan pada citra latih individu 1 yaitu sebesar 85,72 %. Sedangkan untuk individu 2 dari 7 citra latih dikenal sebanyak 7 citra. Sehingga pengenalan citra latih individu 2 terhadap jaringan tersebut yaitu sebesar 100 %, begitu juga selanjutnya pada individu 3 sampai individu 20. Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa jaringan yang dibuat dapat mengenali dengan baik setiap citra latih. Sehingga jaringan tersebut cocok untuk digunakan pengujian terhadap citra uji.

3.6 Pengujian Hasil Pelatihan Terhadap Citra Uji

Citra uji adalah berkas citra yang diujikan pada jaringan yang telah dibuat untuk dilakukan sebuah pengenalan. Pengenalan dilakukan dengan berdasarkan nilai pengenalan atau jumlah persentase setiap nilai vektor ciri terhadap nilai kelas target yang telah ditentukan.

Pada penelitian ini proses pembuatan kelas target terdapat 20 kelas target yang mendefinisikan dari individu 1 hingga individu 20. Untuk pengujian pengenalan citra uji diujikan pada jaringan yang memiliki kinerja terbaik yakni terhadap jaringan yang terdapat pada tabel 3.1 yaitu jaringan net2 dan net8. Untuk pengujian terhadap citra uji dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Pengenalan pada citra uji

No	Citra Uji	Dikenali sebagai	Keterangan
1	0001a.JPG	Individu 1	Benar
2	0001b.JPG	Individu 1	Benar
3	0002a.JPG	Individu 2	Benar
4	0002b.JPG	Individu 2	Benar
5	0003a.JPG	Individu 9	Salah
6	0003b.JPG	Individu 3	Benar
7	0004a.JPG	Individu 4	Benar
8	0004b.JPG	Individu 4	Benar
9	0005a.JPG	Individu 5	Benar
10	0005b.JPG	Individu 5	Benar
11	0006a.JPG	Individu 6	Benar
12	0006b.JPG	Individu 3	Salah
13	0007a.JPG	Individu 1	Salah
14	0007b.JPG	Individu 7	Benar
15	0008a.JPG	Individu 8	Benar
16	0008b.JPG	Individu 8	Benar
17	0009a.JPG	Individu 9	Benar
18	0009b.JPG	Individu 1	Salah
19	0010a.JPG	Individu 10	Benar
20	0010b.JPG	Individu 5	Salah
21	0011a.JPG	Individu 11	Benar
22	0011b.JPG	Individu 11	Benar
23	0012a.JPG	Individu 12	Benar
24	0012b.JPG	Individu 12	Benar
25	0013a.JPG	Individu 13	Benar
26	0013b.JPG	Individu 13	Benar
27	0014a.JPG	Individu 14	Benar
28	0014b.JPG	Individu 14	Benar
29	0015a.JPG	Individu 15	Benar
30	0015b.JPG	Individu 15	Benar
31	0016a.JPG	Individu 16	Benar
32	0016b.JPG	Individu 16	Benar
33	0017a.JPG	Individu 17	Benar
34	0017b.JPG	Individu 17	Benar
35	0018a.JPG	Individu 18	Benar
36	0018b.JPG	Individu 18	Benar
37	0019a.JPG	Individu 19	Benar
38	0019b.JPG	Individu 19	Benar
39	0020a.JPG	Individu 20	Benar
40	0020b.JPG	Individu 20	Benar

Dari hasil pengujian dengan jaringan yang terbaik ternyata program dapat mengenali individu dengan benar sebanyak 35 citra uji dari 40 citra uji. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 diatas bahwa pengenalan terburuk pada citra uji yaitu pada individu ke 3, 6, 7, 9 dan 10. Jaringan tidak dapat mengenali salah satu dari dua citra uji pada saat proses pengenalan. Untuk menghitung performa jaringan pada citra uji digunakan sebuah perhitungan sebagai berikut.

$$P = \frac{35}{40} \times 100\%$$

$$P = 87,5 \%$$

Berdasarkan dari hasil tabel 4.3 diatas maka hasil prosentase perhitungan pengenalan yaitu sebesar 87,5% dengan menggunakan kinerja jaringan yang terbaik.

Dapat disimpulkan bahwa proses identifikasi citra uji telapak tangan yang dilakukan oleh program simulasi telah berjalan dengan benar dan program dapat mengenali citra uji dengan baik dan benar.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari tahap perancangan hingga pengujian yang dilakukan pada sistem identifikasi telapak tangan adalah keberhasilan sistem dalam identifikasi telapak tangan dipengaruhi oleh akuisisi citra dan proses pengolahan awal citra. Akuisisi citra yang tidak tepat dan proses pengolahan awal yang buruk menyebabkan sistem tidak mampu mengolah citra tersebut dengan baik serta terjadi kesalahan pengenalan citra. Pada proses segmentasi citra telapak tangan, menggunakan deteksi tepi Canny dengan batas ambang yaitu 0,1, dan menggunakan normalisasi intensitas dengan nilai *mean* harapan (ϕ_d) = 175 dan *variance* harapan (ρ_d) = 175. Untuk pembuatan jaringan menggunakan citra latih sebanyak 140 citra dari 20 individu dengan masing-masing individu 7 citra latih. Hasil pengenalan dengan jaringan terbaik terhadap citra latih yaitu sebesar 100% pada individu 2, 3, 4, 5, 7, 11, 13, 18 dan 19, sedangkan pengenalan terburuk yaitu dengan nilai 71,42% pada individu 8, 10, dan 15. Untuk pengenalan terbaik terhadap citra uji sebanyak 40 citra, jaringan dapat mengenali sebanyak 35 citra uji dengan tepat pada individu yang benar sedangkan 5 citra uji yang lain dikenal sebagai individu yang salah. Hasil prosentase pengenalan terhadap citra uji yaitu sebesar 87,5 %. Untuk Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat memperbaiki kekurangan yang ada dan diharapkan dapat mengembangkan apa yang telah dilakukan pada penelitian ini. Untuk itu disarankan dalam pengambilan citra telapak tangan dapat dilakukan dengan pencahayaan dan fokus kamera yang dapat diatur sedemikian rupa sehingga tekstur telapak tangan terlihat jelas dan tidak terdapat kilatan cahaya yang menghilangkan sebagian informasi tekstur citra telapak tangan.

Referensi

- [1] Eskaprianda, Ardianto. “*Deteksi Kondisi Organ Pankreas Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Perambatan Balik Dengan Pencirian Matriks Ko-okurensi Aras Keabuan*”, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, 2012.
- [2] Indrawan, Frandika. 2010. “*Aplikasi Pengenalan Pola Daun Menggunakan Jaringan Syaraf Learning Vector Quantification untuk Penentuan Tanaman Obat*”, Seminar Nasional Informatika 2010 (semnasIF 2010), Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, 22 Mei 2010.
- [3] Isnanto, R, Rizal. 2009. “*Identifikasi Iris Mata Menggunakan Tapis Gabor Wavelet dan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization (LVQ)*”. Artikel Ilmiah Terpublikasi, Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.
- [4] Jain, Anil K, Kumar; Ajay. 2010. “*Biometrics of Next Generation: An Overview*”, Department of Computer Science and Engineering, Michigan State University, Department of Computing, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Hong Kong.
- [5] Jain, Anil K; Ross A; Prabhakar S., 2004, “*An Introduction to Biometric Recognition*”, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Image and Video Based Biometrics, Vol.14, No.1, January 2004.
- [6] Kusumadewi, Sri. 2003. “*Artificial Intelligence: Teknik dan Aplikasinya*”, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [7] Masek, Libor. 2003. “*Recognition of Human Iris Patterns for Biometric Identification*”. School of Computer Science and Software Engineering. The University of Western. Australia.
- [8] Mathwork, Inc. 2011. “*Matlab Help Release 12.1*”.

- [9] Pato, Joseph N; Lynette I. Millet. 2010. *"Biometric Recognition: Challenges and Opportunities"*. The National Academies Press. Washington D.C.
- [10] Prihartono, T.D. 2011. *"Identifikasi Iris Mata Menggunakan Alihragam wavelet Haar"*. Skripsi S-1, Universitas Diponegoro.
- [11] Putra, I Ketut Gede Darma. 2009. *"Pengolahan Citra Digital"*, penerbit Andi. Jogjakarta.
- [12] Putra, I Ketut Gede Darma; Bhuana, Wira; Erdiawan. 2011. *"Pembentukan Kode Telapak Tangan (Palm Code) Berbasis Metode Gabor 2-D"*. Jurusan Teknik Elektro, fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali.
- [13] Putra, I Ketut Gede Darma; Erdiawan. 2010. *"High Performance Palmprint Identification System Based on Two Dimensional Gabor"*. Telkomnika: Indonesian Journal of Electrical Engineering. Ahmad Dahlan University. Yogyakarta.
- [14] Yoedha. 2010. *Deteksi Tepi Menggunakan Metode Prewitt dan Canny dengan Matlab* <http://yoedha-parasites.blogspot.com/2010/11/deteksi-tepi-menggunakan-metode-prewitt.html>. (Diakses tanggal 21 Desember 2012).
- [15] Zhang, D; Wai-kin Kong; You, J; Wong, M.2003. *"Online Palmprint Identification"*. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 25(9).
- [16] _____. <http://thesis.binus.ac.id/Doc/Bab3/2011-OSK%20Bab%203.pdf> (Diakses tanggal 04 Februari 2013).

Simulasi Kontrol PID pada Model *Mobile Incubator* Menggunakan Simulink Berbasis Mikrokontroler Arduino

Munadi¹, Hari Peni Julianti², M. Amirullah Akbar¹, R. Andhika Pandu¹

¹ Lab. Komputasi dan Otomasi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang - 50275

²Magister Epidemiologi, Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro
Jl. Imam Bardjo, SH, No. 3 Lt 5, Semarang - 50241,
munadi@undip.ac.id

Abstrak

Artikel ini menyajikan hasil penelitian dalam rancang bangun *mobile incubator* khususnya untuk melengkapi sarana fasilitas kesehatan di Puskesmas daerah terpencil yang belum memiliki inkubator. Hal ini dilakukan mengingat Indonesia sebagai negara yang tengah berkembang, dimana laju pembangunan tengah gencar dilakukan, namun aspek fasilitas khususnya dibidang kesehatan masih belum merata dirasakan seluruh warga Indonesia. Hal ini bisa dilihat dari tingginya angka kematian bayi di Indonesia dibandingkan negara-negara tetangga. Salah satu penyebabnya adalah minimnya fasilitas pendukung kesehatan di daerah-daerah terpencil, yaitu inkubator. Maka dalam penelitian ini dibuat suatu model *mobile incubator*, yaitu sebuah alat yang digunakan untuk menjaga temperatur dan memonitor kelembaban inkubator dimana dapat digunakan pada saat darurat untuk membawa bayi dari daerah terpencil ke rumah sakit yang memiliki fasilitas yang lebih baik. *Mobile incubator* ini dibuat dari alumunium sebagai rangka dan akrilik sebagai bodinya. Sistem pemanasnya menggunakan lampu DC 12 volt yang disuplai dua sumber daya, listrik AC dan baterai kering sehingga alat ini memungkinkan untuk digunakan pada saat darurat atau tidak ada sumber listrik. *Mobile incubator* ini menggunakan sistem kontrol PID dengan rangkaian *close loop* yang dibantu sensor DHT11 dan LM35 sebagai *feedback*-nya. Proses pencarian nilai koefisien K_p , K_i , dan K_d menggunakan bantuan *software* MATLAB Simulink dengan melakukan pemodelan sebelumnya. Hasil koefisien yang optimal adalah $K_p = 1,5013$, $K_i = 0,015667$, dan $K_d = -1,3194$.

Kata kunci: *Mobile Incubator*, MATLAB Simulink, Kontrol PID, optimalisasi

1. Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang penduduknya masuk ke peringkat 5 besar negara dengan penduduk terbanyak didunia. Sebagai negara berkembang, aspek fasilitas khususnya dibidang kesehatan masih sangat kurang bisa dirasakan oleh seluruh rakyat Indonesia. Pemerataan pembangunan fasilitas kesehatan sangat diperlukan karena kesehatan merupakan salah satu syarat demi tercapainya peningkatan kesejahteraan masyarakat [1].

Angka kematian bayi baru lahir yang cukup tinggi merupakan salah satu masalah yang terjadi karena kurangnya fasilitas kesehatan di daerah terpencil. Salah satu penyebabnya adalah minimnya fasilitas pendukung proses persalinan, yaitu inkubator. Inkubator adalah sebuah wadah atau tempat khusus untuk bayi *premature* (bayi yang lahir tidak pada waktunya atau kurang dari 9 bulan) yang dapat bekerja secara otomatis untuk mempertahankan suhu bayi menjadi lebih stabil dengan pengaturan suhu ruang dan

kelembapan yang ada di dalam incubator. Salah satu contoh inkubator ditunjukkan pada Gambar 1 [2].



Gambar 1. *Infant incubator.*

Beberapa penelitian tentang inkubator telah dilakukan. Tahun 2005, Lina Z. dan Runjing Z. mempublikasikan desain inkubator untuk bayi prematur berbasis LabVIEW, dalam artikelnya dijelaskan struktur sistem, rangkaian hardware, control algoritma, dan program software. Keuntungan sistem yang dirancang adalah waktu preheating yang rendah, track kontrol suhu dan kelembapan dapat diamati, operasional praktis dan mudah [3]. Selanjutnya Carlos Paternain Soler pada tahun 2009 meneliti rancangan dengan menggunakan *close loop control system* untuk mengatur suhu didalam *neonatal incubator* dengan LabVIEW [4]. Perancangan tersebut sesuai dengan standart IEC-60601 dengan menggunakan 5 (lima) resistance temperature detector sensor, dan 2 (dua) current sensor, yang memberikan informasi tentang konsumsi power yang digunakan oleh aktuator, ditambah dengan 2 (dua) buah sensor gangguan yang mendeteksi gangguan pada saat terbukanya pintu inkubator [5]. Hasil penelitian dengan *close loop control system* telah sukses diterapkan dan ditunjang dengan desain software yang mampu mengatur suhu dengan stabil di dalam inkubator. Pierre, Jean, dan Edouard pada tahun 2009 juga meneliti parameter pemodelan dan menggunakan sistem fuzzy control untuk *neonatal incubator* dimana sistem yang dipresentasikan menggunakan model heat exchanger antara bayi dan suhu lingkungan. Dari simulasi yang dilakukan menghasilkan desain sistem yang memiliki akurasi output yang baik untuk dinamika input yang tinggi [6]. Kemudian

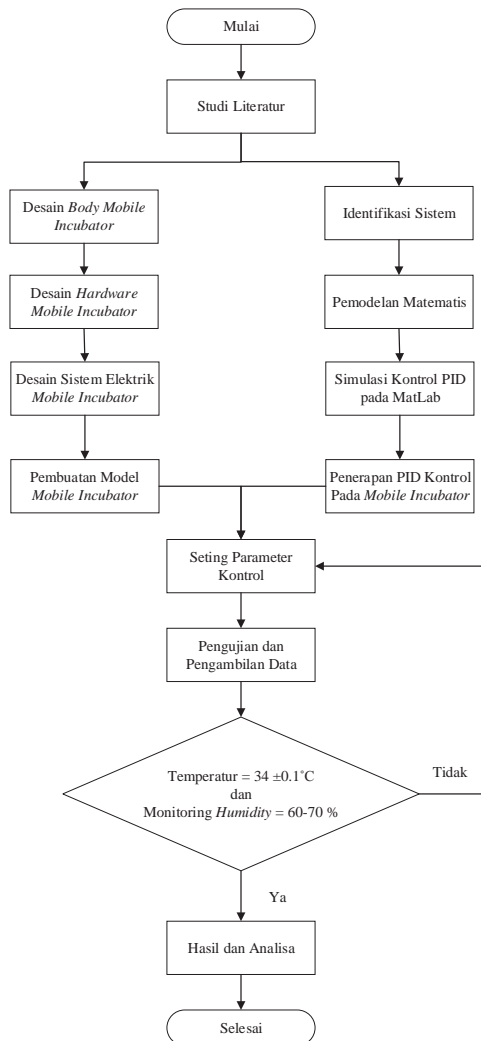
Med, Elyes dan Abdelkader melakukan penelitian penerapan *Adaptive Predictive Control* pada *newborn (neonatal) incubator* yang menghasilkan model matematis yang sesuai dengan data yang di ukur, dan menggunakan sistem kontrol IAGPC (*Indirect Adaptive Generalized Predictive Control*) dimana membuktikan bahwa dalam simulasi lebih efektif dalam mengatur suhu daripada menggunakan ON-OFF dan PID, tapi tidak dijelaskan mengenai detail hardware dan mekanik inkubator yang dipakai [7].

Selanjutnya, berdasarkan keterbatasan yang ada pada inkubator konvensional, peneliti melakukan suatu penelitian dengan tujuan membuat model *mobile incubator* berbasis kontrol PID dengan menggunakan mikrokontroler Arduino yang nantinya dapat digunakan untuk daerah terpencil di Indonesia dimana sarana fasilitas kesehatan masih minim. Dengan adanya alat ini, dapat dimungkinkan membantu proses persalinan di daerah yang memiliki fasilitas kurang atau pada saat kondisi darurat.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian

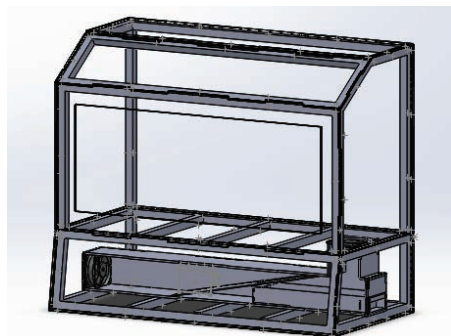
Dalam sebuah penelitian diperlukan diagram alir untuk menggambarkan jalannya proses penelitian mulai dari awal hingga akhir yang telah dilakukan. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

2.2 Desain Model Mobile Incubator

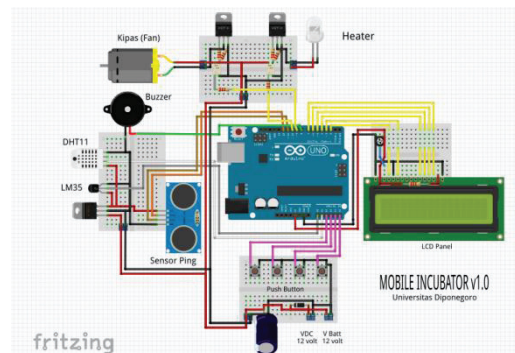
Dalam penelitian ini penulis melakukan pendesainan model *mobile incubator* dengan menggunakan *software* SolidWorks. Desain model *mobile incubator* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain model *mobile incubator*.

2.3 Desain Hardware Elektronika Model Mobile Incubator

Untuk sistem elektronis model *mobile incubator* ini terdiri atas beberapa komponen elektronika. Beberapa komponen elektronika tersebut disusun untuk membentuk sebuah diagram desain model *mobile incubator*. Desain diagram elektronika bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain diagram *hardware* elektronika model *mobile incubator*.

2.4 Hasil dari Desain Mekanis dan Elektronis Model Mobile Incubator

Setelah melakukan desain mekanis dan elektronis, penulis mengimplementasikan hasil desain tersebut kedalam bentuk nyata. Gambar 5 menunjukkan hasil pembuatan model *mobile incubator*.

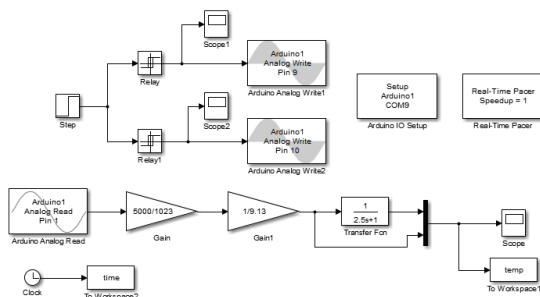


Gambar 5. Sistem mekanis dan elektronis *mobile incubator*

3. Hasil Pengujian dan Pembahasan

3.1 Proses Pemodelan *Mobile Incubator*

Proses pemodelan dilakukan untuk melinearisasi sistem pemanas pada *mobile incubator* agar bisa dikalkulasi menggunakan MATLAB. Metode pemodelan menggunakan cara pengukuran langsung dengan waktu tertentu untuk mendapatkan fungsi transfer atau respon dari *plant* secara *realtime*. Pengukuran dilakukan dengan keadaan *heater* yang dinyalakan maksimal dan dibaca oleh sensor yang dihubungkan ke arduino yang dikomunikasikan secara serial dengan laptop. Rangkaian blok diagram yang dibuat di *software* MATLAB ditunjukkan pada Gambar 6.

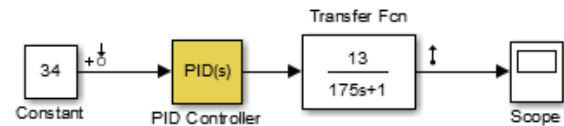


Gambar 6 Blok diagram untuk pemodelan *plant*

Berdasar pada respon temperatur sistem pemanas didapatkan beberapa parameter yang akan digunakan untuk membuat fungsi transfer *mobile incubator*. Fungsi *transfer* didapat dari adalah

$$P s = \frac{Y s}{U s} = \frac{K}{\tau s + 1} = \frac{13}{175s + 1}$$

Hasil dari pemodelan sistem tadi diubah menjadi *transfer function* yang akan disimulasikan bersama kontrol PID yang ditampilkan pada Gambar 7.

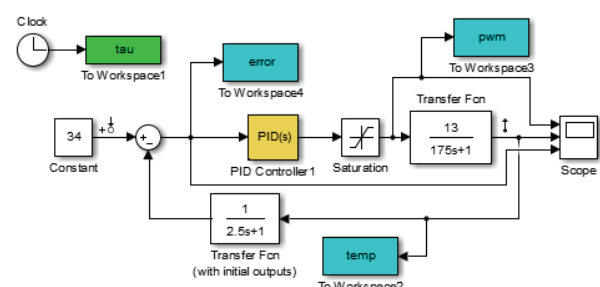


Gambar 7 Blok diagram kontrol PID dengan fungsi *transfer plant*

Blok diagram pada Gambar 7 digunakan untuk mencari nilai *gain* terbaik menggunakan bantuan *software* Matlab. Hasil teroptimal yang didapat adalah nilai $K_p = 1.5013$, $K_i = 0.05667$ dan $K_d = -1.3179$. Nilai *gain* ini mungkin bisa berbeda sesuai dengan karakter sistem yang diinginkan *programmer*-nya, namun untuk *mobile incubator* ini nilai *gain* yang didapat sebelumnya sudah cukup optimal.

3.2 Simulasi Kontrol PID

Tahap simulasi kontrol PID dilakukan untuk membantu mengoptimasi nilai koefisien PID terbaik untuk sistem, proses ini dilakukan dengan merangkai *transfer function* dengan blok diagram. Pada blok diagram ini telah digunakan kontroler PID untuk mengoptimasi *gain* input dan respon *plant*. Pengoptimasian menggunakan blok PID *Controller* yang tersedia di Simulink *Library* dengan cara memanfaatkan fitur tuning manual yang disediakan. Blok diagram sistem kontrol PID dengan inputan konstan pada 34°C sebagai *setpoint* ditunjukkan pada Gambar 8.

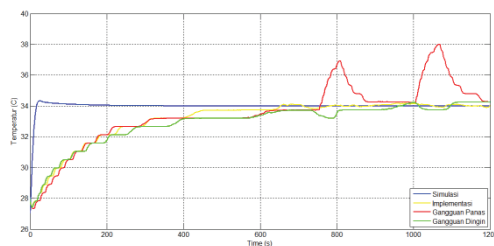


Gambar 8 Blok diagram sistem kontrol PID.

3.3 Hasil Pengujian *Mobile Incubator*

3.3.1 Respon Temperatur

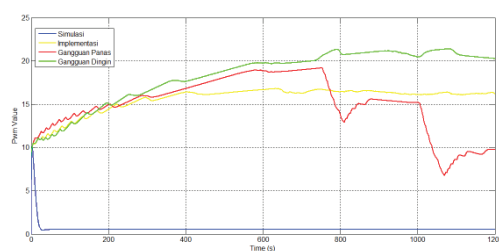
Perubahan temperatur didalam *mobile incubator* dan respon terhadap waktu merupakan nilai yang sangat diperhatikan pada simulasi ini. Proses penghangatan ruang didalam *mobile incubator* diusahakan tidak memerlukan waktu lama namun tetap stabil pada saat sudah mencapai suhu targetnya (*setpoint*). Berikut respon temperatur berdasarkan simulasi ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Respon Temperatur *Mobile Incubator*.

3.3.2 Respon Duty Cycle (PWM)

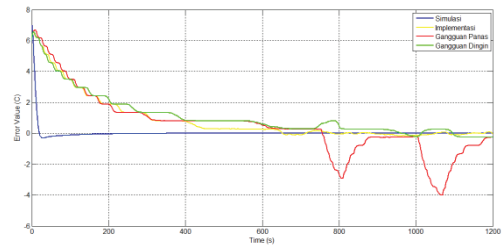
Duty cycle (PWM) adalah besaran sinyal yang berkerja pada aktuator yang besarnya merupakan persentase lamanya sinyal 1 atau *high* pada satu periode berdasarkan hasil perhitungan kontrol PID terhadap nilai *error*. Gambar 10 menunjukkan grafik respon *duty cycle* pada *mobile incubator*.



Gambar 10 Respon Duty Cycle (PWM) *Mobile Incubator*.

3.3.3 Respon Error Value

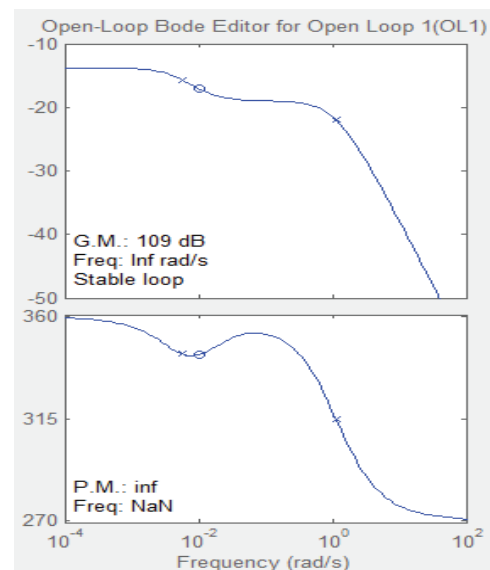
Nilai *error* adalah nilai selisih dari nilai *setpoint* dan nilai bacaan *feedback* dari sistem, dalam hal ini nilai *error* yang terjadi adalah besaran selisih suhu antara suhu target (*setpoint*) dengan suhu dari sistem pemanas. Gambar 11 merupakan grafik respon *error value* pada *mobile incubator*.



Gambar 11 Respon *Error Value Mobile Incubator*.

3.4 Analisa Kestabilan

Perhitungan analisa kestabilan sebuah desain kontrol sangat penting untuk suatu desain kontrol. Dengan melakukan analisa kestabilan sistem, respon dari sistem terhadap inputan yang diberikan dapat diprediksi sebelum melakukan pengujian. Dalam penelitian ini perhitungan analisa kestabilan kontrol PID dibantu menggunakan *toolbox* Simulink pada *software* MATLAB. Nilai gain terbaik yang didapat dalam simulasi kemudian dites kestabilannya. Berikut hasil pengujian kestabilan ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Hasil plot analisa kestabilan *bode diagram*.

Berdasarkan hasil plot pada gambar 18, dapat disimpulkan bahwa sistem ini stabil karena memenuhi syarat untuk analisa kestabilan *bode plot*. Menurut analisa hasil plot, didapat nilai *gain margin* sebesar 109 dB

dan nilai *phase margin* sebesar inf *degrees*. Kriteria kestabilan *bode plot* keduanya terpenuhi karena baik *gain margin* dan *phase margin* memiliki nilai lebih besar dari 0. Jadi dapat disimpulkan bahwa kontrol PID pada sistem ini stabil.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data simulasi, aplikasi dan analisa pengujian pada *mobile incubator* maka dapat disimpulkan bahwa fitur pada *mobile inkubator* dapat bekerja sesuai yang diinginkan berdasarkan program yang dirancang dengan mikrokontroler Arduino dengan metode kontrol PID. Adapun gain kontrol PID paling optimum pada *heater* dan fan pada *mobile incubator* adalah $K_p=1,5013$, $K_i=0,015667$, dan $K_d=-1,3194$. Dan hasil analisa sistem menunjukkan sistm ini stabil, yang ditunjukkan pada simulasi dalam Simulink dengan nilai *Gain Margin* sebesar 109 *dB* dan *Phase Margin* sebesar inf *degrees*.

Referensi

- [1] Surbakti, Yosua Maha Kurnia dan Ambarita, Himsar, Rancang Bangun Inkubator Bayi dengan Menggunakan *Phase Change Material* Sebagai Pemanas Ruang Inkubator Bayi, Universitas Sumatera Utara. Indonesia, 2012.
- [2] Nurlandi, Farida, Desain Inkubator Bayi dengan Kontrol Otomatis Yang Ekonomis Untuk Klinik Persalinan (Ecobator), Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia. 2010.
- [3] Lina Z., Runjing Z., Design of an Incubator for Premature Infant Based on Labview, Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference Shanghai, China, 2005.
- [4] Carlos P., Prototyping a Closed Loop Control System for Neonatal Incubator, Helmholtz Institute for Biomedical Engineering RWTH Aachen University, 2009.
- [5] American National Standart, ANSI/AAMI/IEC 60601-2-19:2009, Medical Electrical Equipment, part 2-19: Particular Requirements for The Basic Safety and Essential Performance of Infant Incubator.
- [6] Pierre E., Jean B., Edouard, Parameter Modelling and Fuzzy Control System of neonatal Incubator, Science of Electronic Technologies of Information and Telecommunication, Tunisia, 2009.
- [7] Med A.Z., Elyes F., and Abdelkader M., Application of Adaptive Predictive Control to a Newborn Incubator, American Journal of Engineering and Applied Scieces, Vol. 4, No. 2, pp. 235-243, 2011.

TOPIK 2. SOSIAL HUMANIORA DAN LINGKUNGAN

IDENTIFIKASI PRIORITAS UNSUR PELAYANAN PUBLIK BERBASIS *COMPUTATIONAL INTELLIGENCE*

Retno Kusumaningrum, Kriswara Citra

¹ Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro

² Jurusan Ilmu Komputer/Informatika Universitas Diponegoro

Abstrak

Pelayanan publik merupakan kegiatan maupun rangkaian kegiatan dalam rangka pemenuhan kebutuhan pelayanan sesuai dengan peraturan perundang-undangan bagi setiap warga negara atau penduduk atas barang, jasa, dan/atau pelayanan. Akan tetapi pelayanan publik tersebut masih belum mampu memenuhi kualitas yang diharapkan oleh masyarakat secara optimal, sehingga perlu diidentifikasi prioritas dari unsur-unsur pelayanan publik tersebut untuk menunjukkan rangking kepentingan karakteristik layanan. KRL Commuter Line merupakan salah satu bentuk pelayanan publik di bidang transportasi di Indonesia yang memiliki pengguna sangat banyak. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengenali rangking kepentingan karakteristik layanan pada KRL menggunakan Backpropagation dan metode Kepentingan Relatif Connection Weight. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur Backpropagation terbaik untuk mengenali data kuisioner didapat pada saat menggunakan nilai error rate 0,01 dan kombinasi parameter yang digunakan adalah jumlah hidden neuron 3, laju perubahan adalah 0,1 serta menghasilkan nilai MSE sebesar 0,026593. Hasil penelitian rangking karakteristik layanan terdapat 7 karakteristik layanan yang mempunyai pengaruh paling besar terhadap kualitas layanan. Ketujuh karakteristik layanan tersebut adalah harga tiket, kebersihan daerah sepanjang rel KRL *Commuter Line*, ketersediaan fasilitas toilet di stasiun, kecepatan petugas menanggapi penumpang, pengetahuan petugas akan informasi KRL *Commuter Line*, ketersediaan penunjuk waktu (jam) di stasiun, sikap petugas stasiun.

Kata Kunci : Pelayanan Transportasi Publik, KRL *Commuter Line*, Kualitas Layanan, *Backpropagation*, *Connection Weight*

I. PENDAHULUAN

Pelayanan publik menurut UU No. 25 Tahun 2009 didefinisikan sebagai kegiatan maupun rangkaian kegiatan dalam rangka pemenuhan kebutuhan pelayanan sesuai dengan peraturan perundang-undangan bagi setiap warga negara atau penduduk atas barang, jasa, dan/atau pelayanan administratif yang diselenggarakan oleh penyelenggara pelayanan publik seperti institusi penyelenggara negara, korporasi (milik swasta/negara), lembaga independen yang dibentuk berdasarkan UU, dan badan hukum lain yang dibentuk untuk kegiatan pelayanan publik. Berbagai contoh pelayanan publik yang diselenggarakan oleh negara baik dalam bentuk institusi maupun korporasi antara lain pelayanan pembuatan paspor oleh kantor imigrasi, pelayanan SAMSAT, pelayanan jasa penyedia listrik oleh PLN, pelayanan penyedia jasa air bersih PDAM, pelayanan penyedia jasa transportasi publik KRL *Commuter Line* oleh PT. KAI, dan lain-lain. Sebagai salah satu bentuk transportasi alternatif yang menawarkan berbagai kelebihan seperti bebas macet, bebas polusi, dan waktu tempuh yang cepat menjadikan KRL *Commuter Line* sebagai bentuk pelayanan publik dengan pengguna tertinggi setiap harinya, yaitu mencapai rata-rata 600.000 orang/hari pada tahun 2014 dan diprediksi meningkat menjadi 1,2 juta orang/hari pada tahun 2019.

Pemerintah selaku pengatur dan pengawas kegiatan pelayanan publik yang diselenggarakan oleh negara menerbitkan pedoman indeks kepuasan masyarakat (IKM) seperti tertuang pada PERMENPAN No. 25 Tahun 2004, meliputi prosedur pelayanan, persyaratan pelayanan, kejelasan petugas pelayanan, kedisiplinan petugas pelayanan, tanggung jawab petugas pelayanan, kemampuan petugas pelayanan, kecepatan pelayanan, keadilan mendapatkan pelayanan, kesopanan dan keramahan petugas, kewajaran biaya pelayanan, kepastian biaya pelayanan, kepastian jadwal pelayanan, kenyamanan lingkungan, dan keamanan pelayanan. Akan tetapi penerapan IKM tersebut memiliki kelemahan, yakni indeks tersebut hanya mampu digunakan untuk menilai kualitas kegiatan pelayanan publik berdasarkan survey

terhadap pengguna layanan tanpa diketahui bagaimana urutan / prioritas dari unsur-unsur tersebut dalam mempengaruhi kualitas pelayanan publik. Sehingga hasil dari IKM hanya mampu menunjukkan tingkat kualitas pelayanan publik tetapi tidak memberikan solusi mengenai strategi peningkatan kualitas sesuai dengan penilaian dari masyarakat selaku pengguna.

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan dalam bidang penilaian kualitas pelayanan seperti Mulyono et al. (2007), Samuel & Wijaya (2009), serta Aryani & Rosinta (2010), Normasari et al, (2013). Semua penelitian tersebut dilakukan untuk menganalisa pengaruh kualitas layanan terhadap kepuasan pelanggan atau loyalitas pelanggan berdasarkan berbagai metode analisa statistik. Seperti halnya penerapan IKM, penelitian-penelitian tersebut juga memiliki permasalahan yang sama yakni hanya mampu memberikan penilaian tingkat kualitas layanan berdasarkan persepsi masyarakat terhadap berbagai unsur-unsur tersebut dalam mempengaruhi kualitas pelayanan publik. Sehingga hasil dari IKM hanya mampu menunjukkan tingkat kualitas pelayanan publik berdasarkan persepsi masyarakat terhadap berbagai unsur-unsur pelayanan tanpa memperhatikan tingkat kepentingan dari unsur-unsur pelayanan tersebut dalam menentukan kualitas menurut pengguna. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Kurniasari & Hadi (2012) juga hanya mampu menilai dimensi terbaik dalam kualitas layanan jasa.

Oleh karena itu, diperlukan sebuah model yang mampu digunakan untuk memetakan sekelompok variabel seperti unsur-unsur pelayanan publik (sebagai variabel input) untuk menghasilkan sebuah variabel berupa tingkat kualitas layanan (sebagai variabel output), sehingga dapat diketahui urutan dari pengaruh variabel input dalam menghasilkan variabel output berdasarkan bobot-bobot yang digunakan untuk melakukan pemetaan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencapai hal tersebut adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation*.

Metode *Backpropagation* tersebut telah diterapkan Garido, et.al (2014) untuk

menilai kualitas layanan di *Granada Bus Metropolitan* di Spanyol menggunakan metode jaringan saraf tiruan *backpropagation* sehingga diperoleh urutan mengenai atribut-atribut yang paling berpengaruh terhadap keseluruhan evaluasi kualitas layanan oleh pengguna bus. Akan tetapi, metode *Backpropagation* tersebut memiliki pendekatan “*Black-Box*”, yaitu variabel input masuk ke dalam jaringan dan menghasilkan sebuah nilai output tanpa memberikan pemahaman apapun mengenai keterkaitan antara variabel-variabel sehingga sulit untuk menguraikan kontribusi variabel input dalam menghasilkan variabel output (Olden & Jackson, 2002). Berbagai metode untuk menentukan prioritas urutan kontribusi variabel input terhadap variabel output telah banyak dikembangkan seperti *Connection Weight*, *Perturb*, dan *Profile*. Penelitian dari Olden, Joy, and Death (2014) menunjukkan bahwa metode *Connection Weight* merupakan metode terbaik diantara ketiga metode-metode tersebut.

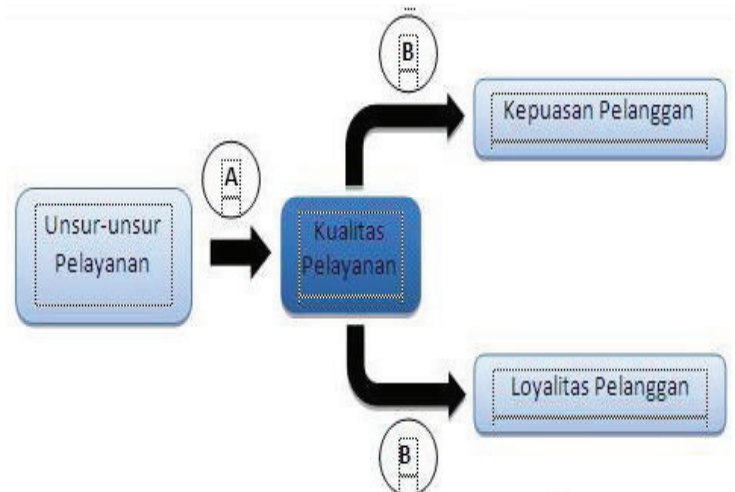
Berdasarkan penjelasan tersebut maka artikel ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana urutan prioritas unsur pelayanan publik dalam menentukan kualitas pelayanan menurut persepsi pengguna berbasis *computational intelligence*, yaitu *JST Backpropagation* dan *Connection Weight*. Unsur-unsur pelayanan publik tersebut dikembangkan dari 14 unsur-unsur IKM yang diterapkan untuk menentukan kualitas pelayanan KRL *Commuter Line*. Pembahasan-pembahasan berikutnya dalam artikel ini adalah penjelasan mengenai tinjauan pustaka pada bab dua. Sedangkan bab tiga dan bab empat menjelaskan mengenai metodologi penelitian serta hasil eksperimen dan analisa. Sedangkan penutup dibahas pada bab kelima.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan penjelasan mengenai tinjauan pustaka meliputi berbagai penelitian terkait dengan kualitas pelayanan (*service quality*), *JST Backpropagation*, dan *Connection Weight*.

2.1. Kualitas Pelayanan

Berbagai penelitian mengenai kualitas pelayanan yang telah dilakukan lebih terfokus pada menilai pengaruh kualitas pelayanan terhadap kepuasan pelanggan dan loyalitas pelanggan, tetapi tidak memperhatikan rangking dari faktor-faktor atau unsur-unsur yang mempengaruhi kualitas pelayanan publik. Berdasarkan Gambar 2.1 berikut ini maka sebagian besar fokus dari penelitian-penelitian di bidang kualitas pelayanan lebih kepada poin B. Sedangkan Tabel 2.1 menjelaskan secara mendetail berbagai penelitian-penelitian dalam bidang kualitas pelayanan, yaitu penelitian 1, 2, 3, 6 merupakan penelitian dengan fokus B sedangkan penelitian 4, 5, dan 7 merupakan penelitian dengan fokus A.



Gambar 2.1 Ilustrasi Perkembangan Penelitian Kualitas Layanan

Tabel 2.1 Penelitian di Bidang Kualitas Pelayanan

No	Penelitian	Domain Layanan	Metode	Fokus Penelitian
1	Mulyono et al. (2007)	Perumahan Puri Mediterania Semarang	- Deskripsi Kuantitatif - Deskripsi Kualitatif	Pengaruh Kualitas Layanan terhadap Kepuasan pelanggan
2	Samuel & Wijaya (2009)	PT. Kereta Api Indonesia	- Analisa Deskriptif - Structural Equation Modelling	Pengaruh Kualitas Layanan terhadap Kepuasan Pengguna
3	Aryani & Rosmita (2010)	Kentucky Fried Chicken (KFC)	Structural Equation Modelling	Pengaruh Kualitas Layanan terhadap Kepuasan Pelanggan dan Loyalitas Pelanggan
4	Kurniasari & Hadi (2012)	AHASSUD, Ramayana Motor Surabaya	- Statistik deskriptif - Skor SERVQUAL	Mengetahui dimensi terbaik dalam penilaian kualitas layanan jasa oleh pengguna pelanggan
5	De Ona et al. (2012)	Granada Bus Metropolitan	Classification and Regression Trees	Meneliti keefektifan CART untuk mengidentifikasi karakteristik

nilai 0 sampai dengan 1 untuk *input neuron* dan *output neuron* berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana x' adalah data hasil normalisasi, x_{min} adalah nilai terkecil untuk masing-masing neuron, x_{max} adalah nilai besar untuk masing-masing neuron, dan x adalah nilai dari masing-masing neuron. Tahap akhir dari *pre-processing* adalah proses identifikasi data latih dan data uji menggunakan *10-fold cross validation*.

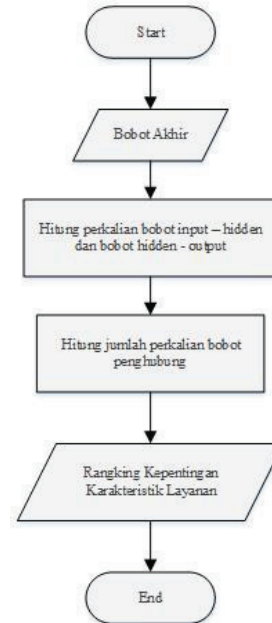
3.3. Pelatihan dan Pengujian

Backpropagation

Proses pelatihan *Backpropagation* diterapkan dengan menggunakan beberapa kombinasi parameter yaitu jumlah *hidden neuron* yang digunakan bernilai 2 – 6, laju perubahan yang digunakan bernilai 0,1 – 0,9. Sehingga total kombinasi parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 45 kombinasi. Sedangkan nilai *error rate* yang digunakan adalah 0,01 dan nilai maksimal *epoch* adalah 20000. Sedangkan pada proses pengujian, penghitungan tingkat keakuratan dari *Backpropagation* yang telah dilatih menggunakan *Mean Square Error* (MSE).

3.4. Connection Weight

Metode *Connection Weight* menggunakan bobot akhir dari jaringan saraf tiruan yang dilatih untuk mengukur kontribusi masukan atribut. Adapun detail dari metode *Connection Weight* dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart Connection Weight

IV. HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA

Secara garis besar eksperimen yang dilakukan dibagi ke dalam 2 skenario eksperimen dengan tujuan yang berbeda serta hasil dan analisa yang berbeda pula.

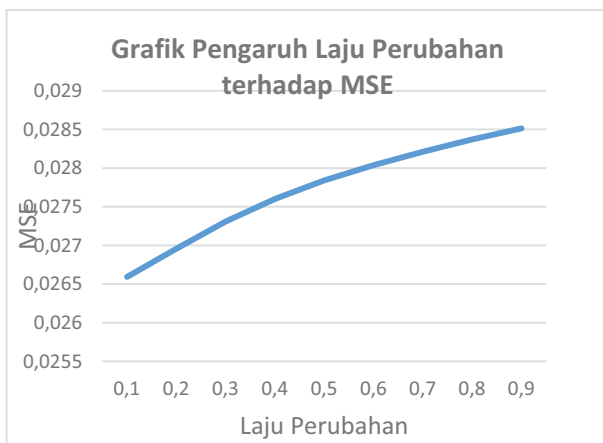
4.1. Skenario Eksperimen 1

Skenario eksperimen 1 bertujuan untuk mendapatkan arsitektur terbaik dari JST *Backpropagation* berupa kombinasi laju perubahan dan jumlah *hidden neuron* yang memberikan kinerja terbaik, yakni nilai MSE terkecil. Inisialisasi bobot awal secara acak pada *Backpropagation* mengakibatkan nilai MSE dan bobot akhir yang didapat tidak pasti atau berubah ubah. Oleh karena itu untuk mendapatkan arsitektur terbaik, eksperimen penelitian ini dieksekusi sebanyak 4 kali. Adapun hasil proses pelatihan *Backpropagation* dan pengujian sebanyak 4 kali dapat dilihat pada Tabel 4.1.

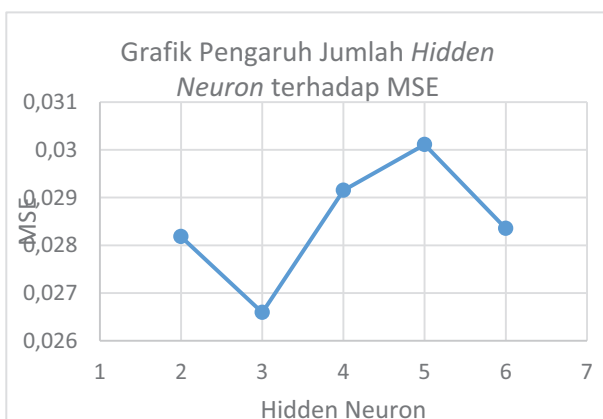
Tabel 4.1 Hasil pelatihan *Backpropagation* dan pengujian

Eksekusi <i>Backpropagation</i> on ke-	MSE	Arsitektur Terbaik	
		Laju Perubahan	Hidden Neuron
1	0,027300	0,1	4
2	0,027102	0,1	3
3	0,027125	0,1	2
4	0,026593	0,1	3

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kinerja terbaik diperoleh pada eksekusi ke 4 dengan nilai MSE sebesar 2,66% dengan nilai laju perubahan 0,1 dan jumlah *hidden neuron* 3. Sedangkan apabila dilihat dari pengaruh laju perubahan terhadap nilai MSE serta pengaruh perubahan jumlah *hidden neuron* terhadap nilai MSE dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Laju Perubahan terhadap Nilai MSE



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Jumlah *Hidden Neuron* terhadap Nilai MSE

Berdasarkan Gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai laju perubahan maka semakin tinggi nilai MSE atau semakin rendah kinerja dari metode BP. Hal tersebut dikarenakan proses perubahan bobot yang diberikan semakin kasar sehingga pemetaan variabel input terhadap variabel output menjadi tidak bisa dilakukan dengan tepat. Sedangkan berdasarkan Gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan antara jumlah *hidden neuron* dengan nilai MSE.

4.2. Skenario Eksperimen 2

Skenario eksperimen kedua bertujuan untuk mendapatkan urutan prioritas dari unsur-unsur pelayanan yang dianggap sebagai 7 unsur terpenting dalam menentukan kualitas pelayanan KRL *Commuter Line* berdasarkan persepsi pengguna. Hasil akhir menunjukkan bahwa ketujuh unsur pelayanan tersebut meliputi harga tiket, kebersihan daerah sepanjang rel KRL *Commuter Line*, ketersediaan fasilitas toilet di stasiun, kecepatan petugas menanggapi penumpang, pengetahuan petugas akan informasi KRL *Commuter Line*, ketersediaan penunjuk waktu (jam) di stasiun, dan sikap petugas stasiun

V. PENUTUP

Metode *Backpropagation* dan *Connection Weight* dapat diterapkan untuk menentukan prioritas unsur pelayanan dengan kombinasi parameter terbaik berupa jumlah *hidden neuron* 3 dan laju perubahan 0,1, nilai MSE sebesar 0,026593, dan ranking dari ketujuh unsur pelayanan tersebut adalah harga tiket, kebersihan daerah sepanjang rel KRL *Commuter Line*, ketersediaan fasilitas toilet di stasiun, kecepatan petugas menanggapi penumpang, pengetahuan petugas akan informasi KRL *Commuter Line*, ketersediaan penunjuk waktu (jam) di stasiun, sikap petugas stasiun.

DAFTAR PUSTAKA

Aryani, D. & Rosinta, F., 2010. Pengaruh kualitas layanan terhadap kepuasan pelanggan dalam membentuk loyalitas

- pelanggan. *Jurnal Ilmu Administrasi dan Organisasi*, 17(2), pp.114-26.
- De Ona, J., de Ona, R. & Calvo, F.J., 2012. A classification tree approach to identify key factors of transit service quality. *Expert Systems with Applications*, 39(12), pp.11164–71.
- Garrido, C., de Ona, R. & de Ona, J., 2014. Neural network for analyzing service quality in public transportation. *Expert Systems with Applications*, 41(15), pp.6830-38.
- Kurniasari, A. & Hadi, C., 2012. Penilaian kualitas pelayanan jasa oleh konsumen bengkel resmi sepeda motor honda AHASS UD. Ramayana Motor Surabaya. *Jurnal Psikologi Industri dan Organisasi*, 1(2), pp.71-77.
- Mulyono, B.H., Yoestini, Nugraheni, R. & Kamal, M., 2007. Analisis pengaruh kualitas produk dan kualitas layanan terhadap kepuasan konsumen (studi kasus pada perumahan Puri Mediterania Semarang). *Jurnal Studi Manajemen & Organisasi*, 4, pp.91-100.
- Normasari, S., Kumadji, S. & Kusumawati, A., 2013. Pengaruh kualitas pelayanan terhadap kepuasan pelanggan, citra perusahaan dan loyalitas pelanggan. *Jurnal Administrasi Bisnis*, 6(2), pp.1-9.
- Olden, J.D. & Jackson, D.A., 2002. Illuminating the "black box": a randomization approach for understanding variable contributions in artificial neural networks. *Ecological Modelling*, 154(1-2), pp.135-50.
- Olden, J.D., Joy, M.K. & Death, R.G., 2004. An accurate comparison of methods for quantifying variable importance in artificial neural networks using simulated data. *Ecological Modelling*, 178(3-4), pp.389-97.
- PT. KAI Commuter Jabodetabek, 2014a. *Info KRL*. [Online] Available at: <http://www.krl.co.id/BERITA-TERKINI/info-krl-september-2014.html> [Accessed 28 October 2014].
- PT. KAI Commuter Jabodetabek, 2014b. *PT KCJ datangkan 32 unit armada KRL*. [Online] Available at: HYPERLINK "<http://www.krl.co.id/BERITA-TERKINI/pt-kcj-kembali-datangkan-32-unit-krl.html>" <http://www.krl.co.id/BERITA-TERKINI/pt-kcj-kembali-datangkan-32-unit-krl.html> [Accessed 28 October 2014].
- Semuel, H. & Wijaya, N., 2009. Service quality, perceive value, satisfaction, trust, dan loyalty pada PT. Kereta Api Indonesia menurut penilaian pelanggan Surabaya. *Jurnal Manajemen Pemasaran*, 4(1), pp.23-37.

PENGAWASAN PEMERINTAH DAERAH TERHADAP PENCEMARAN LIMBAH INDUSTRI BATIK DI KOTA PEKALONGAN PADA TAHUN 2010-2014

Iys Syabilla Rusda^{1, a *}, Purwoko² dan Nunik Retno H³

^{1,2,3} Jurusan Ilmu Pemerintahan, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik
Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH Tembalang Semarang Indonesia

^aemail: isyabill@live.undip.ac.id

Abstrak

Meningkatnya laju pertumbuhan ekonomi di Kota Pekalongan dan besarnya output sektor industri tekstil khususnya batik, baik industri skala kecil maupun rumah tangga, membuat permasalahan limbah industri batik ikut meningkat. Sementara kemampuan pengelolaan limbah industri batik di Kota Pekalongan baik oleh pemerintah maupun pengusaha masih sangat kurang. Hal ini menyebabkan sungai yang ada di Kota Pekalongan menjadi tercemar. Penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif dengan pengumpulan data menggunakan teknik wawancara, pengamatan, serta dokumentasi. Analisa data menggunakan teknik analisis deskriptif untuk menggambarkan situasi dalam penelitian secara detail tanpa memanipulasinya. Penelitian ini menemukan ada dua metode pengawasan yang dilakukan oleh Pemerintah Daerah Kota Pekalongan yang dalam hal ini adalah Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Pekalongan, yakni pengawasan preventif dan pengawasan represif. Pengawasan preventif sudah dilakukan dengan baik meskipun masih terdapat kekurangan. Misalnya kegiatan sosialisasi yang diberikan oleh BLH Kota Pekalongan yang belum menyeluruh sampai kepada seluruh pengusaha batik yang ada di Kota Pekalongan, sehingga masih kurangnya kesadaran dan partisipasi pengusaha batik dalam meminimalisir pencemaran limbah industri batik. Sedangkan pengawasan represif yang dilakukan oleh BLH Kota Pekalongan, untuk periode tahun 2010-2014 ini BLH Kota Pekalongan belum menerapkan sanksi pidana kepada perusahaan atau pengusaha batik karena memang permasalahan-permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan baik antara pihak perusahaan atau pengusaha batik dengan BLH Kota Pekalongan.

Kata kunci : Pengawasan, Limbah Industri Batik.

Latar belakang

Permasalahan lingkungan hidup merupakan permasalahan yang serius yang harus ditanggulangi bersama demi kelangsungan hidup di dunia bagi setiap orang, baik sebagai individu maupun sebagai anggota masyarakat. Perhatian dunia terhadap masalah lingkungan hidup ini dimulai dengan diadakannya Konferensi PBB tentang Lingkungan Hidup di Stockholm pada tahun 1972. Konferensi tersebut terkenal juga sebagai konferensi Stockholm dan telah disetujui banyak resolusi tentang lingkungan

hidup yang digunakan sebagai landasan tindak lanjut.

Di Indonesia perhatian tentang lingkungan hidup mulai muncul di media massa sejak tahun 1960-an. Pada umumnya berita itu berasal dari dunia barat yang dikutip oleh media massa kita. Oleh karena berita itu berasal dari dunia barat, masalah lingkungan yang diliput oleh media massa adalah terutama yang mengenai pencemaran.[1]

Bangsa Indonesia saat ini diarahkan pada perubahan sebagai akibat dari proses transformasi ke arah masyarakat industri. Arah pembangunan jangka panjang ini adalah pembangunan ekonomi yang bertumpu pada

pembangunan industri. Di samping menghasilkan produk yang bermanfaat bagi masyarakat, industrialisasi juga dapat menimbulkan limbah beracun, yang apabila dibuang dalam media lingkungan hidup dapat mengancam lingkungan hidup, kesehatan dan kelangsungan hidup manusia.

Dari beberapa kabupaten dan kota yang ada di Jawa Tengah, Kota Pekalongan merupakan daerah dengan jumlah industri kecil batik terbanyak. Dengan jumlah industri kecil batik yang banyak tersebut membuat sektor industri menyumbang kurang lebih 26,29% terhadap Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kota Pekalongan. Besarnya output sektor industri ini tentu saja berdampak pada peningkatan pertumbuhan ekonomi di Kota Pekalongan. Laju pertumbuhan ekonomi Kota Pekalongan dari tahun 2006 – 2010 pada umumnya mengalami peningkatan. Namun di sisi lain perkembangan yang ekonomi yang pesat tersebut berdampak pada pencemaran lingkungan. Banyak industri batik yang membuang limbahnya ke sungai sehingga memberikan dampak tercemarnya lingkungan air sungai dan perubahan peruntukan badan sungai.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan tipe penelitian deskriptif. Penelitian ini bermaksud untuk memberikan uraian mengenai pengawasan yang dilakukan pemerintah daerah Kota Pekalongan terhadap pencemaran limbah industri batik di Kota Pekalongan. Peneliti mengumpulkan dan mengolah data agar dapat mendeskripsikan hubungan antara pengawasan pemerintah terhadap pencemaran lingkungan akibat limbah industri batik.

Hasil dan Pembahasan

1. Sebaran Industri Kecil Menengah dan Potensi Pencemaran Lingkungan dalam Industri Batik di Kota Pekalongan

Industri kecil menengah batik Kota Pekalongan tersebar di empat kecamatan di Kota Pekalongan seperti pada tabel 1 di bawah ini. Secara keseluruhan pada tahun 2014 sebanyak 917 unit industri kecil, menengah dan besar batik Kota Pekalongan

dengan kapasitas produksi batik sebanyak 121.739 kodi per bulan menjadikan perekonomian Kota Pekalongan semakin baik.

Tabel 1. Jumlah Usaha dan Kapasitas Produksi Industri Kecil Menengah dan Besar Batik Kota Pekalongan Tahun 2014

Kecamatan	Σ Usaha (Unit)	Skala Usaha Kecil	Skala Usaha Menengah	Skala Usaha Besar	Kapasitas Produksi per Bulan (Kodi)
Pekalongan Selatan	442	373	69	0	77.783
Pekalongan Barat	247	222	23	2	26.676
Pekalongan Timur	124	122	2	0	10.115
Pekalongan Utara	104	89	15	0	7.165
Jumlah	917	806	109	2	121.739

Pada prakteknya, tumbuhnya perekonomian di Kota Pekalongan pada aspek pengelolaan industri kreatif yakni produksi batik tidak diimbangi dengan pengelolaan limbah industri batik yang baik, sehingga menimbulkan potensi masalah pencemaran di lingkungan Kota Pekalongan.

Tabel 2. Data jumlah limbah industri batik tiap kecamatan di Kota Pekalongan tahun 2014

Kecamatan	Luas Lahan (m ²)	Jumlah Produksi Per Bulan (Kodi)	Jumlah Limbah Per Bulan (m ³)
Pekalongan Selatan	90.207	77.783	32.503
Pekalongan Barat	56.585	26.676	23.314
Pekalongan Timur	27.590	10.115	7.156
Pekalongan Utara	19.120	7.165	10.905
Total	193.502	121.739	73.878

Dari tabel 2 di atas, dapat kita ketahui bahwa dari proses produksi batik yang dilakukan para pengusaha industri batik, terdapat potensi limbah sebanyak 73.878 m³ setiap bulan. Dari empat kecamatan yang ada di Kota Pekalongan, Kecamatan Pekalongan Selatan menjadi penghasil batik tertinggi dengan jumlah produksi 77.783 kodi per bulan. Dengan jumlah produksi terbesar, maka jumlah limbah yang dihasilkan pun juga sangat besar yakni sebanyak 32.503 m³ per bulan.

2. Proses Pengelolaan Limbah Industri Batik di Kota Pekalongan

BLH Kota Pekalongan secara bertahap telah melaksanakan kegiatan-kegiatan dalam rangka pengendalian pencemaran lingkungan, salah satunya yakni pada tahun 2004 dengan membuat fasilitas IPAL Terpadu di Kelurahan Jenggut Kecamatan Pekalongan Selatan dengan luas 3.900 m² dan kapasitas 400 m³ per hari. Kemudian pada tahun 2009, BLH Kota Pekalongan membuat fasilitas IPAL yang kedua di Kelurahan Kauman Kecamatan Pekalongan Timur dengan luas 200 m² dan kapasitas 150 m³ per hari. Dengan dua buah IPAL tersebut, total kapasitas limbah yang bisa diolah ada

sebanyak 550 m³ per hari atau 16.500 m³ per bulan.

Tabel 3. Data Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) di Kota Pekalongan

KETERANGAN	IPAL	
	JENGGOT	KAUMAN
Luas	3.900 m ²	200 m ²
Kapasitas	400 m ³	150 m ³
Jumlah Industri yang Terlayani	106	24
Tahun Pembuatan	2004	2009
Biaya Pembuatan	Rp. 2.004.000.000,-	Rp. 800.000.000,-
Biaya Operasional per Tahun	Rp. 30.000.000,-	Rp. 40.000.000,-
Sistem	Wet land (rawa buatan)	Fisika, Kimia, Biologi

Dari data di atas menunjukkan bahwa dua buah IPAL terpadu yang telah dibuat oleh BLH Kota Pekalongan belum mampu untuk mengakomodir debit limbah batik yang dihasilkan oleh pelaku industri batik di Kota Pekalongan yang yakni sebanyak 2.462,6 m³/hari sedangkan kapasitas dua IPAL terpadu tersebut hanya bisa mengolah limbah sebanyak 550 m³/hari. Sehingga setiap hari masih ada limbah batik sebanyak 1.912,6 m³ yang kemudian langsung dibuang ke selokan atau sungai-sungai di sekitar tempat produksi batik tersebut tanpa diolah terlebih dahulu.

Kebutuhan akan IPAL Terpadu yang lebih banyak namun dengan alokasi anggaran yang terbatas akhirnya membuat pihak BLH Kota Pekalongan berusaha keras untuk mencari solusi jangka pendek dari permasalahan tersebut yakni dengan membuat IPAL batik skala rumah tangga. Hingga tahun ini IPAL batik skala rumah tangga setidaknya sudah ada 13 unit dari BLH Kota Pekalongan dan 16 unit Akselerasi. IPAL tersebut terletak di berbagai kelurahan, utamanya kelurahan dengan jumlah pengusaha batik yang banyak seperti Kelurahan Banyurip Ageng, Banyurip Alit, Kradenan, Medono dan kelurahan

lainnya. IPAL Batik skala rumah tangga rata-rata berkapasitas 10 meter kubik per hari.

3. Pengawasan Pemerintah Daerah terhadap Pencemaran Limbah Industri Batik di Kota Pekalongan

Dalam rangka untuk mendukung upaya pengelolaan lingkungan hidup yang baik, maka diperlukan adanya pengawasan oleh BLH Kota Pekalongan terhadap pencemaran limbah yang dihasilkan dari kegiatan produksi batik di Kota Pekalongan. BLH Kota Pekalongan dalam melakukan pengawasan dilihat dari segi waktu pengawasan, maka ada dua jenis pengawasan yang dilakukan yakni pengawasan preventif dan pengawasan represif.

Pengawasan preventif adalah pengawasan yang dilakukan sebelum pelaksanaan, yakni pengawasan yang dilakukan terhadap sesuatu yang bersifat rencana. Dalam pengawasan terhadap pencemaran limbah industri batik, pengawasan preventif dilakukan oleh BLH Kota Pekalongan di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. Melakukan sosialisasi pengelolaan limbah dengan dasar Peraturan Daerah Kota Pekalongan Nomor 3 Tahun 2010 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Pekalongan secara intensif kepada masyarakat khususnya para pengusaha batik di basis-basis produksi batik di lingkungan Kota Pekalongan. Bentuk sosialisasi yang diberlakukan adalah dengan mengajak para lurah dan camat untuk berkoordinasi aktif dengan BLH Kota Pekalongan dan juga pentingnya menjaga lingkungan kepada masyarakat dan para pengusaha batik. Selain itu, bentuk sosialisasi yang lain yakni dengan menempel leaflet atau baliho di tempat-tempat strategis.
- b. Melakukan pembinaan pengelolaan limbah batik kepada para pengusaha batik, aparat kelurahan dan kecamatan, dan pemuka masyarakat. Pembinaan ini dilakukan secara efektif dengan cara seminar atau workshop yang tentang cara pengelolaan limbah secara benar tanpa merusak lingkungan. Jumlah kelompok masyarakat

SISWAMAS yang difasilitasi dan melakukan kegiatan pengelolaan lingkungan hidup sebanyak 4 kelompok.

- c. Mengajak para pengusaha batik dan LSM untuk bersama-sama meningkatkan mutu pengelolaan lingkungan hidup yakni dengan cara membina dan memberi pemahaman pengetahuan tentang pentingnya menjaga lingkungan hidup agar terjadi keselarasan antara manusia dan lingkungan. Kegiatan pembinaan dilakukan dengan cara penyuluhan yang dilaksanakan secara periodik tiap tahun.
- d. Melakukan kegiatan pemantauan kualitas lingkungan hidup seperti kualitas air sungai, air tanah dan udara serta pemantauan volume sampah dan kegiatan peningkatan pengendalian pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup (DAK LH). Pemantauan ini dilakukan setiap tahun dengan tujuan untuk memonitoring kondisi lingkungan hidup di Kota Pekalongan dan kemudian disusun dalam sebuah laporan.

Pengawasan represif adalah pengawasan dengan melakukan penegakan hukum yang bisa memulihkan kembali lingkungan yang mengalami kerusakan melalui tindakan kongkret dalam penerapan sanksi terhadap pengusaha batik yang membuang limbah tidak pada tempat yang sudah ditentukan.

Pengawasan represif dilakukan oleh BLH Kota Pekalongan di antaranya adalah sebagai berikut:

- a. Proses penegakan Peraturan Daerah Nomor 3 Tahun 2010 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Pekalongan yang dilakukan dan dikoordinasi oleh BLH Kota Pekalongan.
- b. Penerapan sanksi administratif terhadap pengusaha batik di Kota Pekalongan yang melanggar Perda Nomor 3 Tahun 2010, sebagaimana yang tertera pada pasal 71 sampai dengan pasal 76 Perda Nomor 3 Tahun 2010.
- c. Penerapan sanksi pidana terhadap pengusaha batik di Kota Pekalongan yang melanggar Perda Nomor 3 Tahun 2010.

Tabel 4. Data Permasalahan / Kasus Lingkungan Tertangani Tahun 2010-2014 sebagai Pengawasan oleh BLH berdasarkan Peraturan Daerah Nomor 3 Tahun 2010

Nama Perusahaan	Permasalahan	Upaya yang Telah Dilakukan	Saran dan Tindak Lanjut
PD Arthomoro/ Cartiva	IPAL tidak berfungsi	Memfasilitasi dengan menghubungkan dengan konsultan untuk dapat mengaktifkan kembali.	-
PT Haditex	Tidak ada IPAL	Pendekatan persuasif untuk segera membuat IPAL	Perlu pengawasan yang berkelanjutan
PT Bintang Tripudatex	TPS B3 belum ada dan Pembinaan IPAL Bersama	Menyimpan pada satu tempat yang perlu penataan sehingga sesuai dengan TPS B3	Penyampaian syarat dan ijin TPS B3
PT Lojitex	Tidak ada IPAL	Pendekatan persuasif untuk segera membuat IPAL	Perlu pengawasan yang berkelanjutan
CV Ezritex	TPS B3 belum ada dan Pembinaan IPAL Bersama	Menyimpan pada satu tempat yang perlu penataan sehingga sesuai dengan TPS	Penyampaian syarat dan ijin TPS B3

		B3	
PT Berhasil tex	Belum ada IPAL	Pendekatan persuasif untuk segera membuat IPAL	Pengawasan
CV. Budi Jaya	Pencemaran sungai oleh CV. Budijaya	Pengaduan pencemaran air	Melakukan penutupan saluran
PT. Jackytex	TPS B3 belum ada dan Pembinaan IPAL Bersama	Menyimpan pada satu tempat yang perlu penataan sehingga sesuai dengan TPS B3	Penyampaian syarat dan ijin TPS B3
PT. Garintex	Tidak ada IPAL	Pendekatan persuasif untuk segera membuat IPAL	Perlu pengawasan yang berkelanjutan

Dari tabel di atas ada beberapa kasus atau permasalahan pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan produksi pengusaha batik yang dapat ditangani oleh BLH Kota Pekalongan. Permasalahan yang ada kebanyakan berupa ketidaktersediaan IPAL dan penggunaan IPAL yang bermasalah. Namun BLH Kota Pekalongan berhasil melakukan upaya tindak lanjut dari permasalahan-permasalahan tersebut baik dengan tindakan langsung oleh BLH Kota Pekalongan maupun dengan memberikan saran tindak lanjut kepada perusahaan atau pengusaha batik tersebut.

Kesimpulan

Pemerintah Daerah Kota Pekalongan dalam hal ini adalah Badan Lingkungan Hidup Kota Pekalongan melakukan kegiatan pengawasan preventif dan pengawasan represif terhadap pencemaran limbah industri batik di Kota Pekalongan. Pengawasan tersebut sesuai dengan sesuai dengan pengaturan dalam Peraturan Daerah Kota Pekalongan Nomor 3 Tahun 2010 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Pekalongan.

Pengawasan preventif dilakukan dengan cara sosialisasi mengenai pengelolaan limbah industri batik, pembinaan pengelolaan limbah industri batik, melakukan kegiatan motivasi dan pemberian fasilitas pengelolaan limbah industri batik, dan melakukan kegiatan pemantauan kualitas lingkungan hidup seperti kualitas air sungai, air tanah dan udara. Pengawasan represif dilakukan dengan cara penegakan hukum yang bisa memulihkan kembali lingkungan yang mengalami kerusakan melalui tindakan konkret dalam penerapan sanksi terhadap pengusaha batik yang membuang limbah tidak pada tempat yang sudah ditentukan.

Pelaksanaan pengawasan pencemaran limbah industri batik belum sepenuhnya maksimal, meskipun saat ini pengelolaan limbah industri batik sedikit mengalami perbaikan. BLH Kota Pekalongan beserta Instansi/SKPD terkait telah melakukan pemantauan dan pengawasan terhadap para pengusaha batik di Kota Pekalongan namun belum berjalan dengan baik.

Referensi

- [1] Soemarwoto, Otto. (1997). *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan.
- [2] Budiardjo, Miriam. (1993). *Dasar-Dasar Ilmu Politik*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [3] Handoko, T.H. (2008). *Manajemen*. Yogyakarta: BPFE Yogyakarta.
- [4] Kristanto, Philip. (2004). *Ekologi Industri (Edisi 2)*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- [5] Mathis, Robert L. dan Jackson, John H. (2006). *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Jakarta: Salemba Empat.
- [6] Ndraha, Taliziduhu. (2003). *Kybernologi (Ilmu Pemerintahan Baru) 1*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [7] Neuman, W.L. (2000). *Social Research Methods, Qualitative and Quantitative Approaches*. Toronto: Allyn and Bacon.
- [8] Pakpahan, Muchtar. (2006). *Ilmu Negara dan Politik*. Jakarta: Bumi Initama Sejahtera.
- [9] Palar, Heryando. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Bandung: Penerbit ITB.
- [10] Rasyid, M. Ryaas. (2000). *Makna Pemerintahan: Tinjauan dari Segi Etika dan Kepemimpinan*. Jakarta: Mutiara Sumber Widya.
- [11] Salam, D.S. (2004). *Manajemen Pemerintahan Indonesia*. Jakarta: Djambatan
- [12] Sule, Ernie T. dan Saefullah, Kurniawan. (2005). *Pengantar Manajemen Edisi I*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- [13] Syafiie, Inu K. (2013). *Ilmu Pemerintahan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [14] Terry, G.R., dan Rue. L.W. (1992). *Dasar-Dasar Manajemen*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [15] Thoha, Miftah. (1995). *Kepemimpinan dalam Manajemen*. Jakarta: Raja Grafindo.
- [16] Williams, C. (2001). *Manajemen*. Jakarta: Salemba Empat.

Kebijakan Perlindungan Hukum terhadap Anak sebagai korban Tindak Pidana Kesusilaan berbasis nilai keadilan

Sri Endah Wahyuningsih

Dosen Fakultas Hukum Universitas Islam Sultan Agung Semarang,

Jawa Tengah, Indonesia

sriendahw@yahoo.com

Abstrak

Problematika tindak pidana asusila terhadap anak timbul karena penegakan hukum pidana selama ini belum berorientasi pada nilai keadilan terutama perlindungan korban, tetapi pada penerapan hukuman pada pelaku. Padahal sesungguhnya korban mengalami penderitaan panjang baik fisik, psikhis, kerugian materi dan bahkan masa depannya. Penelitian ini bertujuan untuk memberi pemahaman tentang perlindungan hukum terhadap anak sebagai korban kejahatan asusila, agar korban paham mengenai hak-haknya secara adil sebagaimana yang telah diatur dalam Undang-undang, dan sekaligus sebagai upaya pencegahan agar tidak terjadinya tindak pidana asusila dalam masyarakat. Metode Penelitian digunakan pendekatan yuridis normatif, yaitu dengan mengkaji dan menganalisis data sekunder yang berupa bahan-bahan hukum primer, sekunder dan tersier, dengan metode analisis data secara kualitatif. Perlindungan hukum terhadap anak korban kejahatan asusila dilakukan melalui tiga cara yaitu menghukum pelaku dengan sanksi pidana yang berat baik pidana badan maupun pidana denda agar dapat mengurangi tingkat kejahatan asusila terhadap anak. Dengan memberikan ganti kerugian kepada anak korban tindak pidana asusila dengan cara pemberian restitusi yang dibebankan kepada pelaku serta melakukan rehabilitasi terhadap anak korban tindak pidana asusila. Kelemahan yang muncul pada UU No.13/2006 Jo UU.No. 31/2014 tentang Perlindungan Saksi dan Korban adalah belum ada ketentuan yang mengatur sanksi apabila pelaku tidak memberi restitusi bagi korban.

Kata Kunci: Perlindungan, anak, korban, tindak pidana kesusilaan.

A. Latar belakang

Meningkatnya jumlah kasus asusila baik itu kekerasan seksual ataupun pencabulan terhadap anak di dalam masyarakat mencerminkan lemahnya penegakan hukum di Indonesia selama ini. Kasus kekerasan seksual terhadap anak menimbulkan keresahan di dalam masyarakat tidak hanya para orang tua yang mempunyai anak gadis, tetapi juga orang tua yang mempunyai anak laki-laki yang menjadi korban perbuatan perkosaan ataupun pencabulan sering mengalami trauma

berkepanjangan akibat kejadian tersebut. Kebanyakan mereka tidak dapat melupakan peristiwa buruk yang mereka alami. Jenis kekerasan seksual yang dialami oleh anak yang paling banyak terjadi dalam bentuk sodomi, pemerkosaan, pencabulan dan inses.

Problematika berkenaan dengan tindak pidana asusila terhadap anak timbul karena hukuman penjara yang diberikan kepada pelaku tidak membuat orang takut melakukan kejahatan tersebut, malah semakin banyak pelaku tindak pidana perkosaan dan pencabulan terhadap anak. Walaupun telah

banyak perundang-undangan yang mengancam pelaku tindak pidana asusila terhadap anak dengan ancaman pidana yang berat, tetapi tetap saja tindak pidana ini terjadi. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai bagaimana perlindungan hukum terhadap anak sebagai korban tindak pidana kesusilaan menurut hukum pidana positif saat ini dan bagaimana kebijakan hukum pidana dalam upaya penanggulangan tindak pidana kesusilaan terhadap anak di bawah umur di Indonesia pada saat mendatang.

Penelitian ini bertujuan untuk memberi pemahaman tentang perlindungan hukum terhadap anak sebagai korban kejahatan asusila kepada masyarakat, agar korban paham mengenai hak-haknya secara adil sebagaimana yang telah diatur dalam Undang-undang, dan sekaligus sebagai upaya pencegahan (preventif) agar tidak terjadinya tindak pidana asusila dalam masyarakat.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pendekatan yuridis normatif, yaitu dengan mengkaji atau menganalisis data sekunder spesifikasi penelitian ini adalah penelitian deskriptif analitis Data dianalisis secara kualitatif-normatif dengan jalan menafsirkan dan mengkonstruksikan pernyataan yang terdapat dalam dokumen dan perundang – undangan.

C. Hasil Penelitian

Perlindungan hukum bagi anak korban kejahatan kesusilaan dapat mencakup bentuk perlindungan yang bersifat abstrak (tidak langsung) maupun yang konkret (langsung). Perlindungan hukum yang abstrak pada dasarnya merupakan bentuk perlindungan yang bersifat preventif serta perlindungan psikhis. Sementara itu, perlindungan yang kongkret pada dasarnya merupakan bentuk perlindungan yang dapat dinikmati secara nyata, seperti pemberian yang berupa atau bersifat materi maupun non-materi. Pemberian yang bersifat materi dapat berupa pemberian kompensasi atau restitusi, pembebasan biaya hidup atau pendidikan. Pemberian perlindungan yang bersifat non-materi dapat berupa pembebasan dari

ancaman, dari pemberitaan yang merendahkan martabat kemanusiaan.

Perlindungan hukum bagi anak korban kejahatan seksual dalam bentuk abstrak antara lain dengan merumuskan kejahatan kesusilaan dalam norma peraturan perundang-undangan, dan bagi pelakunya diancam dengan sanksi pidana. Perumusan tindak pidana kesusilaan menurut hukum positif saat ini antara lain terdapat dalam KUHP sebagai induk dari sistem hukum pidana Indonesia. KUHP dapat digunakan sebagai dasar untuk menjerat pelaku baik perbuatan persetubuhan atau pencabulan sebagaimana diatur dalam Bab XIV Pasal 287, Pasal 289, Pasal 290, Pasal 292, Pasal 293, Pasal 294, Pasal 295, dan Pasal 296 KUHP. Terhadap pelaku diancam dengan pidana penjara antara 9 bulan sampai dengan 7 tahun dan pidana denda antara Rp.15.000.00 (lima belas ribu rupiah).

Selain itu juga terdapat dalam ketentuan Pasal 81 Undang-Undang Nomor 35 Tahun 2014 tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2002 tentang Perlindungan Anak, dinyatakan bahwa:

- (1) Setiap orang yang melanggar ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 76D dipidana dengan pidana penjara paling singkat 5 (lima) tahun dan paling lama 15 (lima belas) tahun dan denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
- (2) Ketentuan pidana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berlaku pula bagi Setiap Orang yang dengan sengaja melakukan tipu muslihat, serangkaian kebohongan, atau membujuk Anak melakukan persetubuhan dengannya atau dengan orang lain.
- (3) Dalam hal tindak pidana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan oleh Orang Tua, Wali, pengasuh Anak, pendidik, atau tenaga kependidikan, maka pidananya ditambah 1/3 (sepertiga) dari ancaman pidana sebagaimana dimaksud pada ayat (1).

Berdasarkan ketentuan di atas, selain pidana penjara terdapat juga pidana denda bagi pelaku tindak pidana kejahatan seksual

terhadap anak. Ancaman pidana denda yang tercantum dalam kedua Undang-Undang Perlindungan Anak tersebut sebenarnya tidak sesuai dengan nilai keadilan, karena pidana denda tersebut tidak mengakomodir kepentingan anak selaku korban kejahatan seksual. Pidana denda tersebut sebenarnya hanya mengakomodir kepentingan negara, yaitu sebagai pemasukan kepada kas negara yang mana hal tersebut tidak memberikan manfaat apapun bagi anak selaku korban kejahatan seksual.

Pemberian perlindungan terhadap anak korban kejahatan seksual, khususnya yang berupa pemenuhan ganti kerugian, baik melalui pemberian kompensasi dan/atau restitusi seharusnya memperoleh perhatian dari pembuat kebijakan. Mengenai kompensasi dan restitusi, Stephen Schafer [1] dalam bukunya *"The Victim and His Criminal"*, mengemukakan 5 (lima) sistem pemberian kompensasi dan restitusi kepada korban kejahatan, yaitu: (1) ganti rugi yang bersifat perdata, diberikan melalui proses hukum perdata, terpisah dengan proses hukum pidana; (2) kompensasi yang bersifat keperdataan, diberikan melalui proses pidana; (3) restitusi yang bersifat perdata dan bercampur dengan sifat pidana, diberikan melalui proses pidana; (4) kompensasi yang bersifat perdata, diberikan melalui proses pidana dan didukung oleh sumber-sumber penghasilan negara; (5) kompensasi yang bersifat netral diberikan melalui prosedur khusus.

Berdasarkan hal tersebut, sebenarnya pidana denda tidak perlu dimasukkan dalam Undang-Undang Perlindungan Anak. Adapun yang seharusnya dimasukkan dalam Undang-Undang Perlindungan Anak adalah sesuatu hal yang dapat mengakomodir kepentingan anak selaku korban kejahatan seksual, yaitu pemberlakuan restitusi.

Pemberian restitusi kepada korban kejahatan dalam perkembangannya telah diatur dengan terbitnya PP.No. 44 Tahun 2008 tentang Pemberian Kompensasi, Restitusi dan Bantuan kepada Saksi dan Korban, sebagaimana terdapat di dalam Pasal 20 sampai dengan Pasal 33 telah mengatur mengenai pemberian ganti kerugian (restitusi)

dari pelaku tindak pidana kepada korban tindak pidananya.

Anak sebagai korban tindak pidana asusila juga mendapatkan perlindungan berupa hak untuk mendapatkan restitusi. Ketentuan mengenai tata cara pemberian restitusi diatur dalam Pasal 7A dan 7B Undang-Undang No. 31 Tahun 2014 tentang Perlindungan Saksi dan Korban, yaitu Pasal 7A

- (1) Korban tindak pidana berhak memperoleh Restitusi berupa:
 - a. ganti kerugian atas kehilangan kekayaan atau penghasilan;
 - b. ganti kerugian yang ditimbulkan akibat penderitaan yang berkaitan langsung sebagai akibat tindak pidana; dan/atau
 - c. penggantian biaya perawatan medis dan/atau psikologis.

Selain restitusi, korban tindak pidana dalam hal ini anak yang sekaligus menjadi saksi tindak pidana yang dialaminya, juga mendapat bantuan rehabilitasi sebagaimana diatur dalam Pasal 6 Undang-undang Nomor 31 Tahun 2014 tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 13 Tahun 2006 tentang Perlindungan Saksi dan Korban, yaitu :

- (1) Korban pelanggaran hak asasi manusia yang berat, Korban tindak pidana terorisme, Korban tindak pidana perdagangan orang, Korban tindak pidana penyiksaan, Korban tindak pidana kekerasan seksual, dan Korban penganiayaan berat, selain berhak sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, juga berhak mendapatkan:
 - a. bantuan medis; dan
 - b. bantuan rehabilitasi psikososial dan psikologis.

- (2) Bantuan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diberikan berdasarkan Keputusan LPSK

Selain ancaman hukuman untuk pelaku yang cukup berat, juga diatur mengenai perlindungan hukum bagi anak korban kejahatan kesusilaan, yaitu UU. 23 Tahun 2002 jo UU.No. 35 Tahun 2014 tentang tentang Perlindungan Anak, yaitu

Pasal 69A, bahwa perlindungan khusus bagi anak korban kejahatan seksual dilakukan melalui upaya:

- a. edukasi tentang kesehatan reproduksi, nilai agama, dan nilai kesusilaan;
- b. rehabilitasi sosial;
- c. pendampingan psikososial pada saat pengobatan sampai pemulihan; dan
- d. pemberian perlindungan dan pendampingan pada setiap tingkat pemeriksaan mulai dari penyidikan, penuntutan, sampai dengan pemeriksaan di sidang pengadilan.

Perlindungan saksi dan/ atau korban juga diatur dalam Pasal 5 Undang-undang Nomor 31 Tahun 2014 tentang Perlindungan Saksi dan Korban yang merupakan hak dari saksi dan/atau korban yaitu:

- a. memperoleh perlindungan atas keamanan pribadi, Keluarga, dan harta bendanya, serta bebas dari Ancaman yang berkenaan dengan kesaksian yang akan, sedang, atau telah diberikannya;
- b. ikut serta dalam proses memilih dan menentukan bentuk perlindungan dan dukungan keamanan;
- c. memberikan keterangan tanpa tekanan;
- d. mendapat penerjemah;
- e. bebas dari pertanyaan yang menjerat;
- f. mendapat informasi mengenai perkembangan kasus;
- g. mendapat informasi mengenai putusan pengadilan;
- h. mendapat informasi dalam hal terpidana dibebaskan;
- i. dirahasiakan identitasnya;
- j. mendapat identitas baru;
- k. mendapat tempat kediaman sementara;
- l. mendapat tempat kediaman baru;
- m. memperoleh penggantian biaya transportasi sesuai dengan kebutuhan;
- n. mendapat nasihat hukum;
- o. memperoleh bantuan biaya hidup sementara sampai batas waktu

Perlindungan berakhir; dan/atau

p. mendapat pendampingan.

Kebijakan Hukum Pidana terhadap perlindungan hukum anak sebagai korban kejahatan asusila di masa yang akan datang.khususnya dalam hal merumuskan atau memformulasikan perbuatan maupun sanksi pidana dalam rangka perlindungan korban merupakan kebijakan yang paling strategis dalam mengoperasionalisasikan hukum pidana, karena apabila tahap kebijakan legislatif ini terjadi kesalahan atau kelemahan maka dapat menghambat upaya pencegahan dan penanggulangan kejahatan pada tahap berikutnya yaitu tahap aplikasi dan tahap eksekusi.

Mardjono Reksodiputro mengemukakan beberapa alasan mengapa perlindungan korban (kejahatan) harus mendapat perhatian, yaitu[2]

1. Sistem peradilan pidana dianggap terlalu memberikan perhatian pada permasalahan dan peran pelaku kejahatan (*offender centered*)
2. Terdapat potensi informasi dari korban untuk memperjelas dan melengkapi penafsiran tentang statistik criminal melalui riset tentang korban dan harus dipahami bahwa korbanlah yang menggerakkan mekanisme sistem peradilan pidana.
3. Semakin disadari bahwa selain korban kejahatan konvensional, tidak kurang pentingnya untuk memberikan perhatian kepada korban kejahatan non- konvensional maupun korban penyalahgunaan kekuasaan.

Kebijakan dalam RUU KUHP [3] pasal-pasal terkait dengan delik-delik atau rumusan tindak pidana yang tersebar di banyak undang-undang di luar KUHP telah coba untuk ditarik dan disatukan kembali (*absorbsi*). Khususnya terkait dengan delik yang dapat digunakan untuk menjerat pelaku tindak pidana asusila terhadap anak, yaitu dalam RUU KUHP Bab XVI tentang Tindak Pidana Kesusilaan pada bagian keempat tentang Zina dan Perbuatan Cabul dan bagian kelima tentang Tindak Pidana Perkosaan dan

Perbuatan Cabul yaitu Pasal 484, Pasal 487, pasal 488, Pasal 490, Pasal 491, Pasal 492, Pasal 493, Pasal 494, Pasal 495, Pasal 497

Sistem perumusan jumlah/lamanya pidana (*strafmaat*) tindak pidana asusila RUU KUHP 2012 adalah sistem minimum khusus dan maksimum khusus, yaitu :

- 1). Minimum khusus untuk pidana penjara berkisar antara 1 tahun sampai 3 tahun;
- 2). Maksimum khusus untuk pidana penjara berkisar antara 7 tahun sampai dengan 15 tahun;
- 3). Minimum khusus untuk pidana denda adalah kategori IV;
- 4). Maksimum khusus untuk pidana denda adalah kategori VI.

Selain ketentuan pidana atas kejahatan asusila terhadap anak, perlindungan terhadap korban juga di atur dalam RUU KUHAP [4] Pasal 40 Pasal 40 bahwa:

- (1) Setiap pelapor atau pengadu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 12 ayat (1), setiap orang atau korban sebagaimana dimaksud dalam Pasal 12 ayat (2), dan setiap pegawai negeri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 12 ayat (3) berhak memperoleh perlindungan hukum, perlindungan fisik dan perlindungan nonfisik.
- (2) Perlindungan hukum sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berlaku juga dalam proses penuntutan dan proses pemeriksaan di sidang pengadilan.
- (3) Jika diperlukan, perlindungan hukum dapat dilakukan secara khusus dan tanpa batas waktu.
- (4) Tata cara pemberian perlindungan hukum dilaksanakan berdasarkan ketentuan undang-undang.

Namun RUU KUHAP ini tidak mengatur mengenai tata cara pemberian perlindungan terhadap korban tapi tetap diserahkan pada ketentuan sebagaimana

diatur dalam undang-undang lain yang berkaitan dengan perlindungan korban.

D. Kesimpulan

Secara garis besar perlindungan terhadap anak korban tindak pidana asusila terdiri dari 2 yaitu perlindungan secara abstrak, dan perlindungan secara konkret, yang meliputi :

- a. perumusan kejahatan kesusilaan dalam KUHP, UU Perlindungan Anak, UU Perlindungan Saksi dan Korban dan PP No.44/2008 tentang tata cara pemberian restitusi kepada korban.
- b. dengan memberikan ganti kerugian kepada anak korban tindak pidana asusila dengan cara pemberian restitusi yang dibebankan kepada pelaku tindak pidana asusila tersebut.
- c. dengan melakukan rehabilitasi terhadap anak korban tindak pidana asusila

Mengenai kebijakan perlindungan hukum bagi anak korban kejahatan kesusilaan dimasa yang akan datang RUU KUHP telah mengakomodir dalam Pasal 484, Pasal 487, pasal 488, Pasal 490, Pasal 491, Pasal 492, Pasal 493, Pasal 494, Pasal 495, Pasal 497. Serta dalam Pasal 40 RUU KUHAP.

E. Saran

- a. Pada UU No.13/2006 Jo UU.No. 31/2014 tentang Perlindungan Saksi dan Korban perlu ada suatu ketentuan yang mengatur sanksi apabila pelaku tidak memberi restitusi bagi korban.
- b. Perlu UU 23 Tahun 2002 jo. UU.Nomor 35 Tahun 2014 tentang Perlindungan Anak perlu ditambahkan perumusan sanksi ganti rugi/restutusi kepada korban yang dibebankan kepada pelaku tindak pidana asusila.

Referensi

- [1] Stephen Schafer, *The Victim and His Criminal*, New York: Random House, 1968. 60-61.
- [2] Soeharto, *Perlindungan Hak Tersangka, Terdakwa, dan Korban Tindak Pidana*

terorisme (Dalam sistem Peradilan Pidana Indonesia), Refika Aditama, Bandung, 2007.

[4] Naskah Rancangan Kitab Undang-undang Hukum Pidana Acara Konsep tahun 2012

[3] Naskah Rancangan Kitab Undang-undang Hukum Pidana Konsep tahun 2014

Estimasi Biaya Eksternal Pada Pelaksanaan Perkerasan Jalan Campuran Aspal Panas (HMA)

Sudarno^{1, a *}, M.Qommarudin^{2, b}

¹Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama,
Jl. Taman Siswa (Pekeng) Tahunan Jepara 59427, Jawa Tengah-Indonesia

²Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama
Jl. Taman Siswa (Pekeng) Tahunan Jepara 59427, Jawa Tengah-Indonesia
^asudarnosmart@gmail.com, ^btekniksipilunisnu@gmail.com

Abstrak

Biaya eksternal perkerasan jalan merupakan biaya tambahan dari kegiatan pelaksanaan perkerasan jalan selain biaya konstruksi. Biaya tersebut dihitung berdasarkan dampak negatif dari kegiatan pelaksanaan perkerasan jalan, seperti kemacetan, emisi dan polusi, yang semuanya mempengaruhi masyarakat dan generasi yang akan datang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah biaya yang mestinya dikeluarkan oleh penyedia jasa konstruksi perkerasan jalan yang kegiatannya mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan. Metode perhitungan biaya eksternal pada pekerjaan konstruksi jalan menggunakan pedoman *Handbook on External Costs of Transport* yang dikeluarkan oleh *European Commission – DG Mobility and Transport*. Biaya eksternal pada pekerjaan *hotmix asphalt* dihitung berdasarkan kegiatan yang dilaksanakan mulai dari pusat pencampuran aspal (*asphalt mixing plant*), selanjutnya campuran agregat dan aspal panas dimuat ke dalam truk, diangkut ke lokasi proyek, kemudian dimasukkan ke alat penggelar (*asphalt finisher*), dan terakhir campuran aspal panas digelar, dipadatkan sampai konstruksi perkerasan jalan dibuka untuk lalu lintas moda transportasi. Setiap tahap kegiatan dihitung peralatan yang digunakan dan kemudian dihitung dampaknya terhadap lingkungan yang diuangkan dalam bentuk Rupiah.

Hasil perhitungan dari penelitian ini menunjukkan bahwa estimasi biaya eksternal pekerjaan lapis perkerasan HMA per km sebesar IDR.22.255.609,72.

Kata kunci : perkerasan aspal, dampak negatif, biaya eksternal.

1. Latar belakang

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah biaya yang mestinya dikeluarkan oleh penyedia jasa konstruksi perkerasan jalan yang kegiatannya mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan. Metode perhitungan biaya eksternal pada pekerjaan konstruksi jalan menggunakan pedoman *Handbook on External Costs of Transport* yang dikeluarkan oleh *European Commission – DG Mobility and Transport* tahun 2014. Biaya eksternal pada pekerjaan *hotmix asphalt* dihitung berdasarkan kegiatan yang

dilaksanakan mulai dari pusat pencampuran aspal (*asphalt mixing plant*), selanjutnya campuran agregat dan aspal panas dimuat ke dalam truk, diangkut ke lokasi proyek, kemudian dimasukkan ke alat penggelar (*asphalt finisher*), dan terakhir campuran aspal panas digelar, dipadatkan sampai konstruksi perkerasan jalan dibuka untuk lalu lintas moda transportasi. Setiap tahap kegiatan dihitung peralatan yang digunakan dan kemudian dihitung dampaknya terhadap lingkungan yang diuangkan dalam bentuk Rupiah.

Biaya tersebut berasal dari sebagian besar efek samping dari penggunaan moda transportasi, seperti kemacetan, kecelakaan, emisi dan polusi, kebisingan dan faktor estetis yang semuanya mempengaruhi masyarakat dan generasi yang akan datang secara negatif.

Dalam usaha mematuhi prinsip ‘pembuat polusi membayar’ dimana si pencemar diminta untuk menutupi seluruh biaya yang ditimbulkan oleh polusi tersebut dan dalam usaha membentuk sistem transportasi yang berkelanjutan dan efisien, meminimalisir eksternalitas sangat diperlukan. Kita perlu meminimalisir atau mengeliminir kondisi eksternal karena dalam pasar ekonomi pengguna moda transportasi mendasarkan keputusan mereka (misalnya bagaimana, kapan dan dimana melakukan kegiatan atau perjalanan) pada biaya dari berbagai pilihan [1]. Jika harga dari berbagai pilihan (misal mengadakan kegiatan dengan alat-lat berat atau perjalanan dengan mobil pribadi) menaksir terlalu rendah biaya-biaya, seperti polusi udara, kepadatan lalu lintas, infrastruktur jalan, pemanasan global dan lain-lain, maka alokasi sumberdaya dalam sistem transportasi akan menjadi tidak efisien dan tidak adil [2].

Internalisasi biaya eksternal digunakan untuk mengetahui signifikansi biaya eksternal tersebut terhadap unit biaya transportasi domestik, mengingat beberapa jenis BBM masih disubsidi. Internalisasi ini akan menyebabkan rata-rata kenaikan unit biaya transportasi domestik [3].

Pelaksanaan kegiatan konstruksi perkerasan jalan yang menggunakan moda transportasi sebagian besar menggunakan 22% dari konsumsi energi global, 25% dari bahan bakar fosil dan 30% menghasilkan polusi udara global yaitu gas rumah kaca [4].

Pekerjaan konstruksi jalan yang menggunakan aspal panas (*hotmix asphalt*) di duga menghasilkan emisi gas rumah kaca. Hal ini terjadi karena adanya pembakaran aspal yang merupakan produk pengolahan minyak bumi berasal dari bahan fosil sehingga dari pembakaran aspal tersebut menghasilkan reaksi senyawa hidrokarbon $C_xH_y + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ [9].

Wirahadikusumah [5], menyatakan untuk melakukan perhitungan estimasi konsumsi dan energi GRK melalui beberapa tahap dengan batasan bahwa kajian aktifitas langsung pada sektor jasa konstruksi yaitu: (i) Tahap produksi campuran aspal panas; (ii) Tahap transportasi material; (iii) Tahap pelaksanaan pekerjaan pengaspalan.

Komponen gas rumah kaca yang paling dominan pada pembakaran bahan bakar adalah gas karbon dioksida (CO_2), peralatan yang digunakan pada pekerjaan konstruksi jalan menggunakan bahan bakar solar (*diesel fuel*) mengandung karbon (86,4%), hydrogen (12,7%), sulfur (0,4-1,5%), oksigen dan nitrogen (0,2%), asumsi kandungan karbon pada bahan bakar diesel 727,0 g C/liter.

Untuk menghitung estimasi penggunaan energi dan emisi berdasarkan faktor emisi gas rumah kaca (CO_2) pada pelaksanaan pekerjaan pengaspalan jalan yang berpedoman pada *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) [6] adalah sebagai berikut :

$$\text{Emisi GRK (kgCO}_2\text{/ton)} = \frac{\text{Konsumsi Energi (MJ)} \times \text{Factor Emisi (kgCO}_2\text{/MJ)}}{\text{Total produksi (ton)}} \quad (1)$$

Total produksi (ton)

$$\text{Konsumsi Energi (MJ/ton)} = \frac{\text{Konsumsi Bahan Bakar (liter)} \times \text{Calorific Value (MJ/liter)}}{\text{Total produksi (ton)}} \quad (2)$$

Total produksi (ton)

Emisi GRK merupakan gas yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar (CO_2), metana (CH_4), dan dinitro oksida (N_2O). Pada proses pembakaran bahan bakar minyak semua karbon yang terkandung di dalamnya dikonversi mendekati (99) menjadi (CO_2).

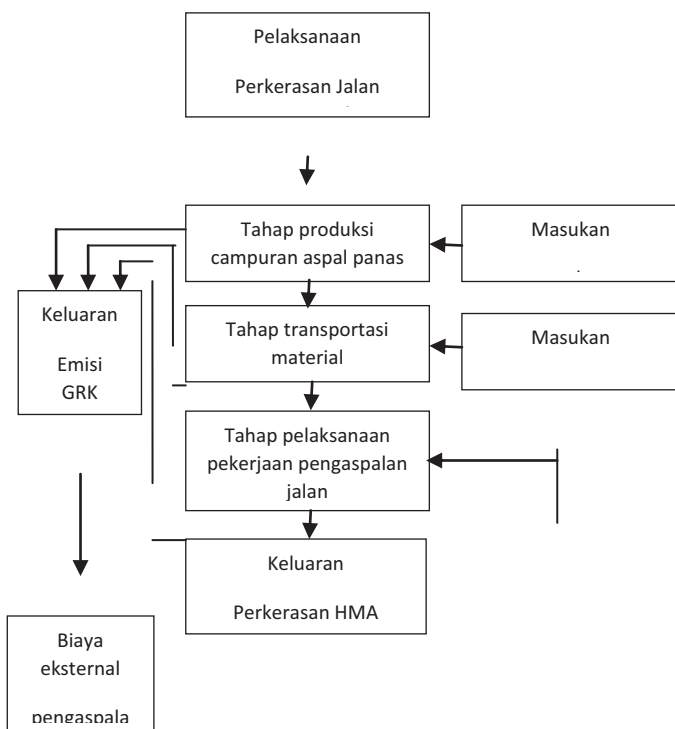
Faktor emisi adalah nilai yang menunjukkan jumlah polutan yang dilepaskan ke atmosfer dari sumbernya dan dinyatakan dalam satuan berat polutan per satuan berat, volume, jarak atau jumlah waktu kegiatan yang mengemisikan polutan.

Calorific Value adalah kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran setiap satuan massa bahan bakar dan dinyatakan dalam satuan energi dibagi satuan massa bahan bakar yang biasanya digunakan satuan *Gigajoule (GJ) per megagram (Mg)*.

Faktor emisi dan *Colorific Value* digunakan untuk menghitung konversi energi dan emisi gas rumah kaca yang berasal dari penggunaan bahan bakar minyak mentah dan batu bara sehingga dapat diestimasi dampak lingkungan yang terjadi akibat penggunaan bahan bakar tersebut.

2. Metode penelitian

Cara menghitung biaya eksternal pekerjaan perkerasan jalan berbahan aspal panas (*hotmix*) adalah seperti bagan alir berikut :



Gambar 1. Model estimasi biaya eksternal pada pekerjaan pengaspalan jalan HMA

Langkah-langkah Untuk menghitung biaya eksternal pada pekerjaan pengaspalan jalan HMA adalah sebagai berikut :

- 1) Inventaris data meliputi kapasitas peralatan berat, bahan bakar, aspal, agregat, produksi perkerasan aspal per

hari yang diambil dari Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Tengah dan PT. Perwita Karya cabang Kudus melalui data tertulis maupun wawancara.

- 2) Menghitung jumlah energi dan emisi yang dihasilkan dari penggunaan peralatan berat pada pekerjaan jalan berbahan aspal.
- 3) Menggunakan *Handbook on External Costs of Transport* [7], yang di dalamnya telah dihitung beberapa kondisi pencemaran akibat kegiatan moda transportasi.
- 4) Menggunakan tabel yang diambil dari *Handbook on External Costs of Transport* untuk mengetahui harga konsentrasi emisi dari kendaraan yang bekerja tiap km (€ct/vkm) dalam mata uang Uero. Kondisi yang digunakan pada perhitungan ini dalam kondisi *Urban*, yaitu kepadatan penduduk tiap km² adalah 1500 orang.
- 5) Mengalikan jumlah emisi per km dengan harga konsentrasi emisi yang telah ditabelkan.

Perhitungan biaya eksternal pekerjaan *hotmix* menggunakan mata uang Eropa yaitu Uero, untuk mengetahui biaya eksternal menggunakan mata uang Indonesia Rupiah, maka harus dikurs atau ditukar ke mata uang rupiah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Data pekerjaan pengaspalan jalan HMA yang dilaksanakan oleh PT. Perwita Karya Kudus di lapangan seperti tabel 2. di bawah ini :

Tabel 1. Konsumsi BBM pada peralatan pekerjaan HMA/hari

Volume HMA	Nama alat	Jenis BBM	Kebutuhan BBM
Per hari			Liter per hari
Kapasitas produksi AMP 300 ton	<i>Wheel Loader</i>	solar	40
	<i>AMP</i>	solar	350
	<i>Dryer, heater</i>	solar	1.700
	<i>Genset</i>	solar	25
	<i>Dump truck</i>	solar	250
	<i>Air compressor</i>	solar	30
	<i>Aspal Finisher</i>	solar	100
	<i>Asphalt Sprayer</i>	solar	20
	<i>Tandem Roller</i>	solar	50
	<i>Pneumatic tire roller</i>	solar	50
Total			2615

Tabel 2. Spesifikasi peralatan pada pekerjaan HMA

Tahap	Proses	Penggunaan Alat	Spesifikasi
Produksi campuran aspal panas	Pemindahan agregat	<i>Wheel Loader</i>	Komatsu WA 180, kapasitas 1,5m ³ , tenaga 80 HP, TP. 2009.
	Produksi	<i>Asphalt Mixing Plant</i>	Bukaka Indonesia - 50 ton/Pph
	Pengeringan agregat	<i>Drum Dryer</i>	-
	Pemanasan aspal	<i>Heater</i>	Genset, CAT 200KVA, TP. 2009
Transportasi material	Pencampuran material	<i>Mixer, Hot Konveyor</i>	Genset, CAT 500KVA, TP. 2009
	Transportasi material ke lokasi proyek	<i>Dump truck</i>	Hino tronton kapasitas 25 ton, TP. 2009.
	Pembersihan lokasi	<i>Air compressor</i>	Compressor 4000-6500 L\M
Pelaksanaan pekerjaan pengaspalan jalan	Penghamparan campuran	<i>Asphalt Finisher</i>	Nigata, kapasitas 200 ton, tenaga 80 HP, TP. 2009.
		<i>Aspal Sprayer</i>	Bukaka 100 lt
		Tandem Roller 6-8 T.	Sakai WM-770B 8T JPN, TP. 2009
		Tire Roller 8-10 T.	Kawasaki KR-20C JPN

Produk HMA terpasang per hari 300 ton, berat jenis konstruksi aspal 2,3 t/m³, jadi volume HMA 130,43m³, tebal lapisan aspal 4cm, luas HMA 3.260,75m², lebar 7m,

sehingga panjang jalan yang dikerjakan per hari **465m**.

Konsumsi solar per ton HMA yang terpasang

$$\text{adalah } \frac{2615 \text{ liter}}{\text{per ton.}} = 8,71 \text{ liter}$$

Untuk menghitung estimasi kebutuhan energi dan emisi GRK per km digunakan data lapangan bahwa pekerjaan HMA tiap sisi ruas jalan lebarnya adalah 7m dengan ketebalan 4 cm, maka jumlah HMA terpasang tiap km adalah :

$$7m \times 1000m \times 0,04m \times 2,3 \text{ ton}/m^3 = 644 \text{ ton per-kilo meter panjang jalan.}$$

Konsumsi bahan menggunakan bakar solar sehingga dapat dihitung estimasi kebutuhan energi dan emisi dengan menggunakan faktor emisi sesuai IPCC 2006 antara lain : faktor emisi solar : 2,67 kg CO₂/liter; *Calorific value solar* : 35,99 MJ/liter.

Estimasi energi dan emisi per hari yang terjadi pada pelaksanaan HMA sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan energi (MJ/ton)} =$$

$$\frac{2.615 \text{ liter} \times 35,99 \text{ MJ/liter}}{\text{per ton.}} = 313,71 \text{ MJ/ton.}$$

$$\text{Emisi GRK (kg CO}_2\text{/ton)} =$$

$$\frac{2.615 \text{ liter} \times 2,67 \text{ kg CO}_2\text{/liter}}{\text{per ton.}} = 23,27 \text{ kg CO}_2\text{/ton.}$$

CO₂/ton.

Sedangkan energi dan emisi per 1 km pada pelaksanaan HMA dapat diestimasi bahwa untuk pekerjaan HMA 1 km adalah sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan energi (MJ/ton)} =$$

$$313,71 \text{ MJ/ton} \times 644 \text{ ton/km} \times \frac{1 \text{ GJ}}{1000 \text{ MJ}} = 202.02 \text{ GJ/km.}$$

$$\text{Emisi GRK (kg CO}_2\text{/ton)} =$$

$$23,27 \text{ kg CO}_2\text{/ton} \times 644 \text{ ton/km} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 14,98 \text{ ton CO}_2\text{/km.}$$

$$1 \text{ GJ}$$

$$1 \text{ ton}$$

Tabel 3. Estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca pada pekerjaan HMA

Tahap	Proses	Penggunaan Alat	Konsumsi Energi		Emisi GRK	
			MJ/ton HMA	GJ/km Jalan	Kg CO ₂ /ton HMA	Ton CO ₂ /km Jalan
	Pemindahan agregat	<i>Wheel Loader</i>	4,79	3.08	0.35	0.22
Produksi campuran aspal panas	Pengeringan agregat	<i>Asphalt Mixing Plant</i>	41,49	26.71	3.11	2
	Pemanasan aspal	<i>Drum Dryer</i>	203,94	131.33	15.13	9.74
	Pencampuran material	<i>Mixer, Hot, heater Konveyor, (Genset)</i>	2,99	1.92	0.22	0.14
Transportasi material	Transportasi material ke lokasi proyek	<i>Dump truck</i>	29,99	19.31	2.22	1.42
	Pembersihan lokasi	<i>Air compressor</i>	3,5	2.25	0.26	0.16
Pelaksanaan pekerjaan pengaspalan jalan	Penghamparan campuran	<i>Asphalt Finisher</i>	11,99	7.72	0.89	0.57
		<i>Aspal Sprayer</i>	2,39	1.53	0.17	0.1
		<i>Tandem Roller 6-8T</i>	5,99	3.85	0.44	0.28
		<i>Tire Roller 8-10T</i>	5,99	3.85	0.44	0.28
		Total	313,71	202,02	23,27	14,98

Tabel 4. Estimasi Biaya Eksternal Akibat Polusi dan Emisi Pada Pekerjaan HMA

	Proses	Peralatan	Emisi GRK Ton CO ₂ / km jalan	Harga kondisi Ur Ban €ct/vkm	Jumlah harga €ct/vkm	Keterangan
1.	Pemindah an agregat	<i>Wheel Loader</i>	0,22	6,9	1,52	Tabel. 20, Rigid HGV, < 7t, Euro 2
2.	Pengerin gan agregat	<i>Asphalt Mixing Plant</i>	2	23,7	47,4	Tabel. 20, Rigid HGV, >32t, Euro 2
3.	Pemanas an aspal	<i>Dryer drum</i>	9,74	10,2	99,34	Tabel. 20, Rigid HGV, 7- 12t Euro 2
4.	Pencampuran material	<i>Mixer, Hot, heater Konveyor, (Genset)</i>	0,14	6,9	0,96	Tabel. 20, Rigid HGV,< 7t Euro 2
5.	Transpor tasi material	<i>Dump truck</i>	1,42	3,3	4,68	Tabel. 17, >2,1; Euro 2
6.	Pembersi han lokasi	<i>Air compressor</i>	0,16	3,6	0,57	Tabel. 17, <1,4; Euro 2
7.	Pengham paran	<i>Asphalt Finisher Aspal Sprayer</i>	0,57 0,1	6,9 6,9	3,93 0,69	Tabel. 20, Rigid HGV,< 7t Euro 2
8.	Pemadat an	<i>Tandem roller Tire roller</i>	0,42 0,53	10,5 10,5	4,41 5,56	Tabel. 20, Rigid HGV, 7- 12t, Euro2.
Total		14,98			169,09	

3.2. Pembahasan

Seperti pada Tabel 3. dapat dijelaskan bahwa pada saat pelaksanaan lapis perkerasan konvensional (*hotmix*) di lapangan diperlukan peralatan pendukung mulai dari pusat pencampuran (AMP) sampai proses proses

pemadatan lapis perkerasan. Peralatan tersebut memerlukan BBM untuk operasionalnya. Ketika peralatan bekerja dan BBM digunakan maka dapat dikatakan peralatan tersebut mengkonsumsi energi, dan proses pembakaran BBM menghasilkan emisi yang dapat mempengaruhi kualitas udara ambien disekitarnya. Konsumsi energi pada

pekerjaan perkerasan HMA total sebesar 313,71 MJ/ton dan 202.02 GJ/km jalan.

Jumlah emisi total pada pekerjaan perkerasan HMA sebesar 23,27 kg CO₂/ton dan 14.98 ton CO₂/km jalan.

Estimasi biaya eksternal dihitung masing-masing peralatan yang digunakan pada proses pekerjaan perkerasan dikalikan dengan masing-masing harga seperti pada tabel 4., sehingga menghasilkan total harga dalam mata uang Euro €.169,09, apabila dihitung dalam mata uang Indonesia Rupiah, maka €.169,09 x 14.668,- = IDR. 2.480.212,12 per-kilo meter jalan.

Emisi yang dihasilkan pada proses pekerjaan perkerasan HMA adalah 14,98 ton/km jalan yang dapat mempengaruhi perubahan iklim baik secara nasional maupun global, maka estimasi biaya eksternal ditambah lagi yaitu jumlah emisi total 14,98 ton/km jalan dikalikan dengan harga €.90/ton, apabila dihitung dalam mata uang Indonesia Rupiah, maka €.90 x 14,98 x 14.668,- = IDR. 19.775.397,60 per-kilo meter jalan.

Jadi jumlah total biaya eksternal pada proses pekerjaan perkerasan HMA adalah IDR. 2.480.212,12 + IDR. 19.775.397,60 = IDR.22.255.609,72 per-kilo meter jalan.

Dampak lingkungan dari kegiatan konstruksi jalan dapat dibebankan kepada masyarakat berkaitan dengan penipisan sumber daya alam, emisi udara, pencemaran air, termasuk menghitung energi yang dibutuhkan untuk membuat lapis perkerasan jalan aspal [8]. Untuk menganalisa konsumsi energi dan biaya bahan aspal sebagai pengikat perkerasan jalan, dilaksanakan mulai dari pengambilan bahan aspal, proses di pabrik, digunakan dalam konstruksi dan sampai pada tahap pemeliharaan [9].

Mengidentifikasi dampak lingkungan dibidang konstruksi jalan perlu dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomi serta lingkungan agar pekerjaan konstruksi jalan berjalan secara berkelanjutan.

Untuk memperbaiki kondisi lingkungan akibat proses sebuah produk termasuk konstruksi perkerasan jalan perlu dilakukan pendekatan desain khusus untuk lingkungan (*design for the environment*). Desain ini meliputi penanganan pada produk, proses, bahan baku, energi dan emisi [10].

Analisis Lingkungan merupakan penilaian dampak lingkungan dalam istilah operasional yaitu mencari cara untuk mengurangi dampak lingkungan dari alternatif-alternatif yang dipertimbangkan atau dianalisis [11].

Dampak lingkungan pada perkerasan aspal perlu dianalisis mencakup dampak lingkungan akibat produksi bahan konstruksi, transportasi, pemeliharaan, penggantian, dan pembuangan. Aspek-aspek lingkungan lain yang harus dipertimbangkan adalah menipisnya sumber daya alam, emisi udara, pencemaran air, limbah padat, dan konsumsi energi.

Analisis lingkungan termasuk menghitung energi yang dibutuhkan untuk membuat lapis perkerasan beton dan lapis perkerasan aspal [8].

Transportasi berdampak pada faktor-faktor ekonomi dan lingkungan sosial serta mewakili 10 % dari produk domestik bruto dunia. Kegiatan konstruksi perkerasan jalan sebagian besar telah menggunakan 22% dari konsumsi energi global, 25% dari bahan bakar fosil dan 30% menghasilkan polusi udara global yaitu gas rumah kaca.

Upaya untuk mewujudkan konstruksi perkerasan jalan berkelanjutan yang aman, efisien dan ramah lingkungan guna memenuhi kebutuhan transportasi saat ini tanpa mengabaikan kemampuan untuk memenuhi kebutuhan di masa depan maka diperlukan analisis yang meliputi aspek ekonomi, sosial dan lingkungan [4].

Potensi dampak lingkungan dapat dikurangi dengan mengoptimalkan produksi bahan konstruksi. Penggunaan bahan bakar sekunder dan penggunaan kembali material perkerasan jalan akan mengurangi dampak lingkungan khususnya pada penurunan konsumsi bahan bakar [12].

Menganalisis potensi dampak konstruksi perkerasan jalan berpengaruh pada pada proses pembangunan jalan dan masa pemeliharaan. Ada beberapa kesamaan antara aspek ekonomi dan lingkungan dari pekerjaan konstruksi jalan. Bahwa sebagian besar dampak ekonomi dan lingkungan terkena pada pengguna jalan, hal ini perlu mendapat perhatian ketika menilai dalam menentukan pekerjaan perawatan jalan dalam jangka

waktu lama untuk mengurangi dampak lingkungan bagi pengguna jalan [13].

4. Kesimpulan

- 1) Proses pekerjaan lapis ulang perkerasan jalan dengan cara panas (Hot Mix Asphalt) membutuhkan energi yang sangat besar yaitu 313,71 MJ/ton atau 202.02 GJ/km jalan. Emisi yang dihasilkan juga sangat besar yaitu sebesar 23,27 kg CO₂/ton atau 14.98 ton CO₂ per km jalan.
- 2) Estimasi biaya eksternal pada proses pekerjaan perkerasan HMA adalah sebesar IDR.22.255.609,72 per-kilo meter jalan.

5. Saran

Diperlukan peraturan perundangan yang membahas biaya eksternal pada pekerjaan konstruksi di Indonesia.

6. Ucapan Terima Kasih

- Fakultas Sains dan Teknologi Unisnu Jepara.
- P.T. Waskita Karya Kudus dan Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Tengah.

7. Referensi

- [1] A.M. Nicuta, Life Cycle Assessment Study for New And Recycled Asphalt Pavements, "Gheorghe Asachi" Technical University of Iași, Faculty of Civil Engineering and Building Services, Buletinul Institutului Politehnic Din Iași, Bul. Inst. Polit. Iași, t. LVII (LXI), f. 2, 2011, pp.81-91.
- [2] I. Susilawati, Etika Dan Lingkungan, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana Yogyakarta. (2010) 1-10.
- [3] I.P.N. Pratiwi, F. Hadi, Internalisasi Biaya Eksternal pada Angkutan Laut BBM Domestik, Jurnal Teknik Pomits (2013)
- [4] C.S. Resmi, M. Satyakumar, Sustainable Pavements : The Green Pavements for the Future, National Technological Congress, Kerala - 2011 College of Engineering Trivandrum, 2011, pp.30-35.
- [5] R.D. Wirahadikusumah, P.H. Sahana, Estimasi Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca pada Pekerjaan Pengaspalan Jalan. jurnal teknik sipil (2012).
- [6] Information on <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>
- [7] A. Korzhenevych , N. Dehnen , J. Bröcker, M. Holtkamp , H Meier, G. Gibson, A. Varma, V. Cox, Update of the Handbook on External Costs of Transport, European Commission – DG Mobility and Transport, Ref: ED 57769 (2014) 1-139.
- [8] Information on www.portcement.org.
- [9] U.H. Bahia, A. Tabatabaee, Hussain, Life Cycle Energy and Cost Assessment Method for Modified Asphalt Pavements, EWG 2012 (Edition Of The Euro Working Group on Transportation) International Scientific Conference Energy efficient transportation networks, 2012.
- [10] Y. Huang, Life Cycle Assessment of Use of Recycled Materials in Asphalt Pavements, Thesis Submitted to the Newcastle University for the Degree of Doctor of Philosophy, school of civil engineering and geosciences, Newcastle University, 2007.
- [11] Information on <http://sullyhouse.blogspot.com/2010/11/manajemen-lingkungan.html>.
- [12] C. Milachowski, T. Stengel, C. Gehlen, Life Cycle Assessment For Road Construction and Use, European Concrete Paving Association (EUPAVE), Centre for Building Materials, Technische Universität München, Germany, 2011.

- [13] F. Gschosser, Environmental Assessment of Road Constructions : Life Cycle Assessment of Swiss Road Pavements and An Accompanying Analysis of Construction and Maintenance Costs, A dissertation submitted to Eth Zurich for The Degree of Doctor of Sciences, 2011.

Kearifan Lingkungan *Sedulur Sikep* (Samin) Terhadap Air Di Kawasan Bentang Alam Karst Sukolilo, Kecamatan Sukolilo, Kabupaten Pati

Endrat Mojo*, Sudharto P.Hadi, Hartuti Purnaweni

(Staf Pengajar Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana,
Universitas Diponegoro)

Saminist is indigenous peoples and a local communities at North Karts Kendeng Sukolilo, Pati. Saminist expected that North Karts Kendeng maintained and conserved continuity to be able to contribute to the life around this region especially abundant water. Water is one of the main needs of living beings on Earth, besides that water is a primary requirement of farmers in farming communities. Saminist as traditional community who only permitted to be farmers still practice the environmental wisdom from their heritage which aims to preserve the natural environment so that they could alive depend on nature around, especially Saminist just sack their business of farming crops that are not market oriented as much farming is done farmers in general. They tried to maintain a relationship of harmony between communities around the North Karts Kendeng to conserve North Karts Kendeng region from mining destruction, the negative impacts from mining in this region was disappears of water and others impacts such as natural disaster, flood, rough, and danger of tornado. North Karts Kendeng Sukolilo have 79 springs and 24 caves spread across 3 sub-district namely Sukolilo, Kayen and Tambakromo. Abundant natural resources certainly is a gift that needs to be maintained and conserved. To maintain and conserve this region with planting the three, not mining the rocks, maintain local wisdom, and refusal cement industry in North Karts Kendeng Sukolilo.

Key words : saminist, water, karst, conserved, Kendeng

A. Latar Belakang

Pencetus ajaran saminisme atau masyarakat sekitar Pati selatan lebih mengenalnya sebagai *Sedulur Sikep* adalah seorang petani kecil yang bernama Samin Surosentiko. Gerakan kebatinan saminisme bertujuan untuk melawan kebijakan Pemerintah Kolonial Belanda pada masa penjajahan. Samin yang bernama asli Raden Kohar lahir di Desa Ploso, Kedhiren, Kecamatan Randublatung, Kabupaten Blora. Ia lahir dari ayah bernama Raden Soerowijoyo yang kemudian disebut Samin Sepuh. Raden Soerowijoyo masih bertalian darah dengan Kyai Ketu dari Rajegwesi – Bojonegoro dan Pangeran Kusumaningayu, seorang Bupati Sumoroto, Kab. Tulungagung - Jatim (<http://www.blorakab.go.id/>). Nama

Raden Kohar kemudian dirubah menjadi Samin merupakan bentuk penyamaran seorang bangsawan di dalam masyarakat umum di pedesaan, agar kehadirannya bisa diterima oleh rakyat jelata. Dia adalah seorang *utopis* yang berarti memimpin atas suatu tatanan politik dan tata sosial sesuai yang diinginkan. Masyarakat Samin atau *Sedulur Sikep* menyebar dibeberapa daerah disekitar Propinsi Jawa Timur dan Jawa Tengah. Mereka bersembunyi untuk menghindari penangkapan oleh Pemerintah Kolonial Belanda. Sebagian yang melarikan diri ke Jawa Tengah bersembunyi di Kudus, di daerah Undaan, dan di Pati didaerah Sukolilo. Masyarakat adat Samin atau *Sedulur Sikep* di Pati, sebagian besar berdiam di Desa Baturejo, Dukuh

Bombong dan Bacem Kecamatan Sukolilo, Kabupaten Pati.

Dalam Buku “Kearifan Lokal di Lingkungan Masyarakat Samin Kabupaten Blora Jawa Tengah, 2004” Samin merasa terpukul melihat realitas kehidupan masyarakat dibawah pemerintahan Belanda. Banyak nasib rakyat pedesaan sengsara dan tidak pandang bulu mewajibkan membayar pajak terhadap rakyat miskin atau kaya. Hidup rakyat di sekitar hutan jati dengan tanah yang tidak subur hidupnya sangat menderita, sementara Pemerintah Belanda justru semakin giat melakukan perampasan tanah rakyat untuk perluasan lahan hutan milik perusahaan negara (Mumfangati, 2004). Penderitaan rakyat sebagai akibat dari kebijakan Pemerintah Belanda waktu itu membuat Samin bertekad untuk melawan pemerintahan kolonial dengan cara tidak taat kepada kebijakan pemerintah, seperti tidak mau membayar pajak, dan tetap mengambil kayu dari hutan jika masyarakat ingin membangun rumah dan beberapa kebijakan pemerintah yang tidak kepada rakyat jelata. Perlawanan tersebut tidak dilakukan dalam bentuk perlawanan fisik tetapi melalui beberapa ajaran kebatinan yang diajarkan kepada masyarakat sekitar. Pemerintah Kolonial Belanda berusaha menghentikan pembangkangan Samin dengan berbagai macam cara. Melihat gelagat perkembangan pengaruh kekuatan politik seorang Kyai Samin, Pemerintah Belanda mencekalnya. Samin Surosentiko ditangkap oleh antheke Belanda Raden Pranolo, yaitu asisten Wedana Randublatung. Setelah ditangkap Samin beserta delapan pengikutnya lalu dibuang ke Sawahlunto – Sumatera Barat berikut Mahakarya Sastra-nya “Serat Jamus Kalimasada” dan berliu meninggal di luar Jawa pada tahun 1914. Tetapi para pengikut Samin tetap menjalankan ajaran saminisme dan para pengikutnya bersembunyi dari kejaran pemerintah kolonial dan menyebar di berbagai daerah di Jawa Timur dan Jawa Tengah,

Masyarakat Samin atau lebih dikenal di masyarakat sekitar *Sedulur Sikep* hanya diperkenalkan oleh leluhurnya bekerja sebagai petani, mereka tidak boleh berdagang, jadi pegawai pemerintah dan profesi sejenisnya. Masyarakat adat Samin lebih suka disebut *Sedulur Sikep* karena Samin cenderung bermakna negatif. Pemerintah kolonial Belanda mengkategorikan sebagai pembangkang, pemerintah orde baru menyebutnya sebagai anti pembangunan dan pemaknaan negatif lainnya. Beberapa sikap tegas dan jujur *Sedulur Sikep* seperti ketegasan mereka menolak pembangunan Pabrik Semen Gresik di Pegunungan Kendeng Utara Sukolilo. Mereka yakin keberadaan pabrik semen di kawasan Pegunungan Kendeng Utara akan merusak lingkungan, terutama sumber air yang melimpah di sekitar Pegunungan Kendeng Utara Sukolilo. Menurut Kepmen ESDM No. 2641 Tahun 2014 Kawasan Pegunungan Kendeng Utara disebut sebagai Kawasan Bentang alam Karst Sukolilo yang luasannya mencakup kawasan karst di Kabupaten Pati, Grobogan dan Blora. Kawasan Karst merupakan kawasan lindung geologi sebagai bagian dari kawasan lindung nasional yang perlu dijaga dan dilestarikan.

Di Kawasan Bentang Alam Karst Sukolilo di Kecamatan Sukolilo yang merupakan pemukiman masyarakat *Sedulur Sikep* tepatnya di Desa Baturejo. Di Kecamatan Sukolilo terdapat kira-kira 24 gua, sebagian gua tersebut terdapat sumber air bagi masyarakat sekitar dan sebagian gua lainnya tidak ditemukan sumber air. Di Kawasan Bentang alam Karst Sukolilo, di Kecamatan Sukolilo terdapat kurang lebih 79 mataair yang tersebar di beberapa desa dan dukuh di sekitar area administratif Kecamatan Sukolilo. Sumber air tersebut berfungsi sebagai sumber air utama masyarakat Sukolilo dan sekitarnya untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari, disamping berfungsi sebagai sarana irigasi bagi lahan pertanian di sekitar Pegunungan

Kendeng Utara. Ancaman kerusakan Kawasan Bentang Alam Karst Sukolilo terjadi akibat merebaknya penambangan batu kapur, batu padas, batu akik, serta fosfat yang banyak dilakukan masyarakat secara illegal, disamping itu rencana pembangunan industri besar yang berbahan baku utama batu kapur di Pegunungan Kendeng Utara seperti pembangunan pabrik semen juga menjadi ancaman yang mengkhawatirkan masyarakat sekitar. Rencana Pembangunan Pabrik Semen Gresik yang gagal dan pada tahun 2008, karena warga memenangkan gugatannya di PTUN Semarang. Pada tahun 2010 disusul rencana PT. Indocement dengan anak perusahaannya PT.SMS untuk membangun pabrik semen di wilayah kayen dan Tambakromo, dan warga menggugat Bupati Pati yang mengeluarkan ijin lingkungan PT. SMS untuk menambang batu kapur dan tanah liat diluar zona lindung karst di kawasan Tambakromo dan Kayen. Pada tanggal 17 November 2015 gugatan tersebut dimenangkan oleh warga sekitar Pegunungan Kendeng Utara. PTUN Semarang membatalkan surat ijin lingkungan yang dikeluarkan oleh Bupati Pati Haryanto, SK Bupati Pati Nomor 660.1/4767 tahun 2014 tertanggal 8 Desember 2014 tentang izin lingkungan pendirian pabrik semen serta penambangan di kawasan Karst Pegunungan Kendeng Utara kepada PT Sahabat Mulia Sakti, anak perusahaan PT Indocement Tunggal Prakarsa.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Baturejo Dukuh Bombong dan Bacem di wilayah Kecamatan Sukolilo Kabupaten Pati. Dukuh Bombong dan Bacem merupakan tempat berdirinya masyarakat *Sedulur Sikep* yang paling banyak dibandingkan desa-desa lain di wilayah Kecamatan Sukolilo. Masyarakat *Sedulur Sikep* bukan merupakan kelompok masyarakat yang mengasingkan diri dari kelompok masyarakat lainnya, *Sedulur Sikep* hidup

secara wajar berdampingan dan berbaur dengan masyarakat lainnya. Sebagian besar penduduk yang tinggal di desa-desa sekitar Pegunungan Kendeng Utara bekerja sebagai petani yang sangat membutuhkan dukungan pasokan air dari Pegunungan Kendeng Utara untuk keberhasilan usaha pertanian mereka. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif yang tidak bertolak dari suatu teori tetapi dari kenyataan-kenyataan sosial yang melalui proses tertentu akan menjadi teori. Penelitian kualitatif disebut sebagai *grounded research* karena bertolak dari bawah (*ground*) atau dari kenyataan sosial bukan dari belakang meja. Dengan berpikir induksi dan bertolak dari realita temuan yang dihasilkan akan memperluas, melengkapi bahkan menolak teori yang telah ada (*Hadi, 1997:8*).

Penelitian ini difokuskan pada nilai-nilai kearifan lingkungan masyarakat *Sedulur Sikep* yang berbentuk etika, norma, tradisi atau adat istiadat serta pengetahuan lokal yang merupakan bagian dari budaya *Sedulur Sikep*. Sedangkan Teknik Pengumpulan Data bermaksud memperoleh bahan-bahan yang relevan, akurat, dan reliable. Untuk mengumpulkan data primer terdapat beberapa metode yang digunakan seperti teknik observasi, teknik wawancara bebas atau dengan daftar pertanyaan. (*Hadi, 1997:IV-1*). Teknik pengumpulan data adalah cara yang dipakai untuk mengumpulkan data, informasi atau fakta-fakta di lapangan (*Pohan, 2007:57*). Teknik pengumpulan data dengan cara pengamatan atau observasi dilapangan, wawancara dengan beberapa pihak terkait, telaah dokumen adalah cara pengumpulan informasi yang didapatkan dari dokumen, yakni peninggalan tertulis, arsip-arsip, akta, ijasah, rapor, peraturan perundang-undangan, buku harian, surat pribadi, catatan biografi, dan lain-lain yang memiliki keterkaitan dengan masalah yang diteliti (*Pohan, 2007:74*). Kelompok diskusi terfokus merupakan teknik penelitian kualitatif dimana sejumlah responden dikumpulkan

kemudian di pandu fasilitator untuk diskusi. Fasilitator men “*stimulate*” diskusi dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan penelitian. Peserta diberikan kesempatan untuk mengungkapkan pendapat, tanggapan dan aspirasinya dengan bebas. Jumlah peserta berkisar antara 5 sampai 6 orang dan dipilih sehomogen mungkin (Hadi,1997:IV-15).

C. Hasil dan Pembahasan

Air merupakan salah satu kebutuhan utama makhluk hidup, salah satu ciri-ciri dari bagian dari jagad raya ini dapat dihuni oleh makhluk hidup adalah adanya ketersediaan air. Sebagian besar air yang tersedia di Bumi ini merupakan air asin sedangkan ketersediaan air tawar hanya dalam jumlah sedikit. Tidak mengherankan bila saat ini marak berdirinya usaha bisnis air bersih untuk mencukupi kebutuhan air masyarakat karena sulitnya mendapatkan sumber air bersih untuk kebutuhan sehari-hari. Intrusi air laut yang mencemari sumur-sumur warga sekitar pantura timur dan beberapa daerah perkotaan lainnya berdampak berkembangnya industri air kemasan dan bisnis air minum isi ulang yang berlabel air Pegunungan yang dengan leluasa mereka jual kepada masyarakat yang membutuhkan. Pada kenyataannya pada saat musim kemarau sebagian besar masyarakat Indonesia kesulitan mendapatkan air bersih. Kesulitan mendapatkan air bersih bagi masyarakat luas merupakan peluang usaha bagi pengusaha untuk menyediakan air bersih bagi masyarakat dengan keuntungan yang menjanjikan. Kondisi ini sangat bertentangan dengan pandangan *Sedulur Sikep* terhadap air.

Kelompok masyarakat adat *Sedulur Sikep* tidak mengenal jual beli air maupun kepemilikan air secara pribadi, mereka menganggap bahwa sumber air yang berlimpah di sekitar Pegunungan Kendeng Utara Sukolilo, Kayen dan Tambakromo merupakan karunia dari alam. Untuk menjaga sumber air di beberapa sudut Pegunungan Kendeng

masyarakat sekitar harus menjaga lingkungan sekitar agar tetap lestari seperti merawat dan menjaga pohon-pohon besar yang ada di sekitar mataair, tidak mengambil atau menambang bebatuan, seperti batu kapur, batu padas, batu akik serta fosfat yang menjadi komoditas unggulan dari kawasan Pegunungan Kendeng Utara, menanam pohon di sekitar Pegunungan Kendeng Utara seperti pohon jati, mahoni, mete, akasia dan beberapa jenis tanaman keras lainnya secara sukarela. Disamping itu *Sedulur Sikep* juga melaksanakan ritual bersih-bersih sumber air seperti sumur, kawasan mataiar atau ritual nyadran (sedekah bumi) setiap tahun sekali untuk menjaga keberlangsungan sumber air yang waktunya ditentukan oleh sesepuh desa. Sumber air tersebut muncul di beberapa gua, sendang, atau rekahan batu, atau di bawah pohon besar di beberapa tempat yang mengalir sepanjang tahun baik pada musim penghujan maupun kemarau. Masyarakat sekitar Kawasan Bentang Alam Karst Sukolilo sangat nyaman dengan kondisi saat ini dimana mereka dengan mudah mendapatkan air untuk kebutuhan hidup dan irigasi areal pertanian terutama *Sedulur Sikep* yang kehidupannya sangat bergantung dari kebaikan alam. *Sedulur Sikep* menurut ajaran leluhurnya hanya diperkenankan bekerja sebagai petani, untuk keberlangsungan usaha mereka sebagai petani mereka harus memperhatikan kelestarian alam sekitar. Mereka percaya alam akan memberikan apa yang manusia butuhkan jika manusia mampu merawat dan menata alam. Jika manusia tak mampu merawat dan menata alam maka alam akan menata kesimbangannya sendiri.

Kekhawatiran akan rusaknya Pegunungan Kendeng Utara dari orang yang tidak bertanggungjawab akan berdampak langsung terhadap ketersediaan air bagi warga sekitar Pegunungan tersebut. Dampak dari hilangnya sumber air di Pegunungan ini juga akan berpengaruh terhadap usaha bertani masyarakat sekitar terutama

Sedulur Sikep. Pegunungan karst berfungsi sebagai tampungan air raksasa. Ketika hujan turun di daerah karst maka air akan mudah meresap ke dalam tanah melalaui pori-pori pada bebatuan kapur, kemudian air akan mengalir atau menetes dalam waktu yang relatif lama ke sungai bawah tanah atau danau bawah tanah yang kemudian melalui rekahan batu, outlet air yang ada di gua, atau dibawah pohon besar air akan mengalir ke permukaan tanah dan air tersebut digunakan oleh masyarakat untuk berbagai kebutuhan. Demi keberlangsungan ketersediaan air yang melimpah bagi masyarakat sekitar Pegunungan Kendeng Utara *Sedulur Sikep* sebagai bagian dari masyarakat sekitar Pegunungan Kendeng menolak pembangunan pabrik semen di Pegunungan Kendeng Utara. Berikut merupakan ilustrasi dari Pegunungan Kendeng Utara atau dalam Kepmen ESDM No.2641 disebut sebagai kawasan Bentang Alam Karst Sukolilo



Gambar 1 : Pegunungan Kendeng Utara Sukolilo

Dokumen : Endrat 2015

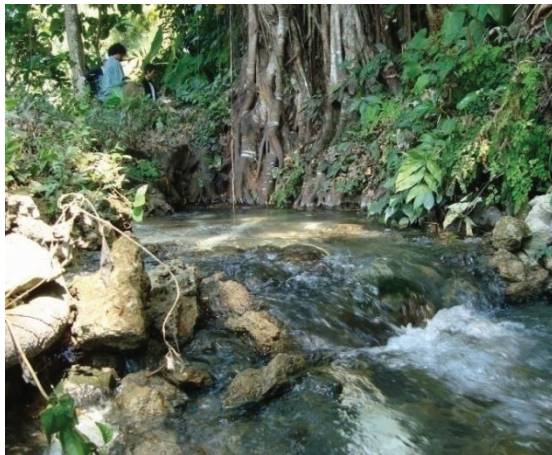
Dalam Kepmen ESDM tersebut menerangkan bahwa Kawasan Bentang Alam Karst Sukolilo Merupakan kawasan lindung geologi, sebagai bagian dari kawasan lindung nasional. Sehingga kawasan tersebut tidak diperkenankan untuk ditambang. Tetapi berdasarkan Kepmen ESDM tersebut di Kawasan Bentang Alam Karst Pati tidak semuanya masuk pada kawasan lindung geologi, masih ada sekitar 2000 hektar lebih masuk dalam kawasan budidaya yang membuka peluang bagi industri semen untuk mendirikan pabrik semen di lokasi

ini. Kawasan tersebut yang rencananya akan ditambang PT.Sahabat Mulia Sakti yang merupakan anak perusahaan PT.Indocement yang pada tanggal 17 November PTUN Semarang memenangkan gugatan warga sekitar Pegunungan Kendeng Utara atas izin lingkungan yang dikeluarkan Bupati Pati terhadap PT.SMS, dengan keputusan PTUN tersebut berarti PT.SMS harus menghentikan niatnya untuk membangun pabrik semen di sekitar Pegunungan Kendeng Utara Tambakromo dan Kayen. *Sedulur Sikep* sangat khawatir jika pembangunan pabrik semen terus dilaksanakan akan berakibat buruk terhadap sumber-sumber air yang ada di Pegunungan Kendeng Utara. *Sedulur Sikep* sangat menghormati keberadaan Pegunungan Kendeng Utara karena Pegunungan Kendeng Utara mampu memberikan kehidupan bagi masyarakat sekitarnya.

Masyarakat *Sedulur Sikep* sangat menjunjung tinggi budaya gotong royong demi kepentingan bersama, seperti pada saat musim tanam padi tiba mereka menata saluran air secara gotong royong sehingga semua sawah yang dekat maupun jauh dari sarana irigasi dapat mendapatkan air secara merata. Sistem bertani *Sedulur Sikep* mengedankan gotong royong seperti pada musim tanam, musim panen dan jenis pekerjaan pertanian lainnya mereka saling bekerjasama tanpa bayaran istilahnya *Sedulur Sikep sambatan*. Sehingga akan mengurangi biaya produksi, sistem tersebut membuat petani *Sedulur Sikep* lebih maju secara ekonomi, sosial dan budaya dibanding petani non *Sedulur Sikep*. Keberhasilan bertani *Sedulur Sikep* diwujudkan dengan kemampuan mereka membeli lahan pertanian penduduk sekitar desa Baturejo dan desa-desa lainnya diluar Baturejo, seperti Gadudero, Wotan dan Sukolilo.mereka Sebagai dari *Sedulur Sikep* juga menerapkan pertanian organik pada lahan pertanian mereka dengan pemberantasan hama dan pemupukan dari hasil produksi sendiri. Mereka membuat pestisida dan

insektisida dari tanaman gadung, klembak, tembakau dan tanaman empon-empon lainnya. Sedangkan pupuk mereka buat dari kotoran sapi, air kencing sapi dan kotoran ternak lainnya. Dengan pupuk dan pestisida dan insektisida alami diharapkan tidak merusak air bawah tanah dan kesuburan tanah.

Air merupakan sarana utama dalam usaha pertanian terutama tanaman padi yang dibudidayakan di areal persawahan. Karena pasokan air pada musim kemarau di areal persawahan kurang begitu mencukupi maka musim tanam padi di areal persawahan sekitar Pegunungan Kendeng Utara hanya berlangsung dua kali dalam setahun. Kekhawatiran akan rusaknya sumber air di Pegunungan Kendeng Utara merupakan alasan utama masyarakat untuk menolak pembangunan industri semen di Kabupaten Pati terutama di tiga kecamatan yang mempunyai kawasan karst yaitu masyarakat di Kecamatan Sukolilo, Kayen dan Tambakromo. Berikut gambar salah satu mataair yang mempunyai debit air terbesar di Kecamatan Sukolilo.



Gambar 2: Mataiar Sumber Lawang, Terletak di Desa Sukolilo Pati
Dokumen Endrat : 2015

Mataair sumber lawang mampu mencukupi kebutuhan air bagi warga masyarakat sekitar, sumber air ini mampu memenuhi kebutuhan air masyarakat sekitar 2000 kepala keluarga. Disamping untuk kebutuhan rumah tangga dan irigasi areal pertanian, sumber air sumber lawang juga dimanfaatkan penduduk

sekitar sebagai sarana pembangkit listrik mikro hidro. Kekhawatiran akan menurunnya kualitas lingkungan yang diakibatkan oleh penambangan batu kapur adalah merupakan alasan utama masyarakat sekitar untuk menolak berdirinya industri semen di Kawasan Pegunungan Kendeng Utara. Pembangunan Pabrik Semen Gresik pada tahun 2008 di Kecamatan Sukolilo yang ditolak oleh warga serta pada tahun 2010 PT.Indocement melalui anak peusahaannya PT. Sahabat Mulia Sakti yang ditolak oleh warga Kayen dan Tambakromo. Warga sekitar Pegunungan Kendeng Utara tidak menolak melalui kekerasan tetapi melalui gugatan di PTUN. Pegunungan Kendeng Utara merupakan urat nadi perekonomian warga sukolilo dan sekitarnya karena sebagian besar penduduk sekitar bekerja sebagai petani yang membutuhkan dukungan sumberdaya air dari mataair di Pegunungan Kendeng Utara Sukolilo. Berikut merupakan sumber air atau mataair di sekitar Pegunungan Kendeng Utara, di kawasan Kecamatan Sukolilo yang berjumlah sekitar 79, tabel ini memuat tentang sumber air, debit, serta kegunaan untuk kebutuhan rumah tangga dalam ukuran kepala rumah tangga.

Daftar Mataair Di Kawasan Bentang alam Karst Sukolilo, Kecamatan Sukolilo, Kabupaten Pati, Jawa Tengah (ASC, Yogyakarta, 2008)

NO	Desa	Nama mataair	koordinat		Elevasi (diatas permukaan air laut)	DEBIT (Liter/s)	Kepala rumah tangga pengguna
			X	Y			
1	Tompe Gunung	Pring	495380	9232604	265		
2	Tompe Gunung	Sono	495217	9232632	232		
3	Tompe Gunung	Gosangen	495138	9232685	234	37.50	
4	Tompe Gunung	Ngreceh	495278	9232249	259		
5	Tompe Gunung	Nggowak	495254	9232110	277	0.06	400
6	Tompe Gunung	Sobrah	495145	9231814	303		
7	Tompe Gunung	Kembang	495159	9231614	296	0.40	
8	Tompe Gunung	Pring II	495190	9231555	292	6.70	400
9	Tompe Gunung	Tileng	495165	9231385	292		200
10	Tompe Gunung	Gentungan	495377	9231337	305	0.46	250
11	Tompe Gunung	Jeruk Bulung	494675	9231892	280		500
12	Tompe Gunung	Dhanyangen	494730	9231499	296		150
13	Tompe Gunung	Anonim	494809	9231534	295		
14	Tompe Gunung	Dringo	496293	9232261	271		
15	Tompe Gunung	Telogo Mbah Dijo	496611	9232815	155		
16	Tompe Gunung	Deleg	496262	9232058	231	11.88	
17	Tompe Gunung	Bulusan	496216	9232125	227		
18	Tompe Gunung	Pucung	496467	9230914	270	45.93	28
19	Tompe Gunung	Kaligede	496998	9231083	226	19.53	
20	Tompe Gunung	Kompan	497156	9231156	215		
21	Tompe Gunung	Blekuthuk	496765	9231306	231		400

22	Sumber Soko	Sendang Penatas	493396	9231292	206	0.38	50
23	Sumber Soko	Pandanan	493397	9230984	287	8.88	
24	Sumber Soko	Klampok	493358	9230991	290		4
25	Sumber Soko	Nglempak	493480	9230868	300	0.20	50
26	Sumber Soko	Pancuran	492671	9231037	260	22.19	150
27	Sumber Soko	Kecceh	492155	9231454	235	83.50	70
28	Sumber Soko	Kecceh II	492117	9231448	248		70
29	Sumber Soko	Lebak	491652	9231055	228	14.64	
30	Sumber Soko	Cilik	491936	9230918	244	0.94	
31	Sumber Soko	Bendo	492005	9230977	248	4.29	
32	Sumber Soko	Gayam	491877	9230562	272	10.50	
33	Sumber Soko	Sumber Soko 1	492711	9229284	318	19.44	
34	Sumber Soko	Sumber Soko 2	493333	9229616	325		
35	Sumber Soko	Sumur 1	493854	9229672	336		
36	Sumber Soko	Sumur 2	493834	9229698	338		
37	Sumber Soko	Sumur 3	493816	9229686	335		
38	Sumber Soko	Sumur 4	493784	9229714	339		
39	Sumber Soko	Sumur 5	493808	9229635	338		
40	Sumber Soko	Sumur 6	493897	9229640	335		
41	Sumber Soko	Sumur 7	493962	9229688	334		
42	Sumber Soko	Sumur 8	494033	9229682	332		
43	Sumber Soko	Sumur 9	494050	9229651	340		
44	Sumber Soko	Sumur 10	494081	9229673	344		
45	Sumber Soko	Sumur 11	494106	9229659	346		
46	Sumber Soko	Sumur 12	494102	9229698	341		
47	Sukolilo	Sapi	490548	9233401	54	8.90	500
48	Sukolilo	Kalangan	491826	9234416	23	16.90	

49	Sukolilo	Tambang	490163	9233268	47	24.80	
50	Sukolilo	Dusyah	490545	9233128	70	22.50	300
51	Sukolilo	Kalireco	490464	9232962	71	13.50	75
52	Sukolilo	Sumber	490472	9232438	90	3.40	150
53	Sukolilo	Sumber Bendo	490598	9232173	126	23.80	350
54	Sukolilo	Banyu Biru	491321	9232196	153		
55	Sukolilo	Sumber Dudukan	491800	9231817	189		50
56	Sukolilo	Sumber Kedungaron	492003	9232224	161		500
57	Sukolilo	Sumber Gembung	490918	9231784	197		500
58	Sukolilo	Anonim	491114	9232690	122		500
59	Sukolilo	Sumber Lawang	491332	9231950	159	178.90	
60	Sukolilo	Sumber Getuk	491587	9231572	175	6.60	
61	Sukolilo	Sumber Gecceh	492140	9231457	235	49.26	50
62	Sukolilo	Sumber Pucung	491314	9233116	81	32.30	100
63	Sukolilo	Gayam	491333	9233014	96		
64	Gadudero	Kepoh	492084	9234465	16	26.60	
65	Gadudero	Grubug	492237	9234460	22	63.60	
66	Gadudero	Sumber Krawon	492960	9234589	25	16.50	
67	Kedu Mulyo	Asem Bosok	495823	9234518	104	48.20	
68	Kayen	Sumber Ndodo	497231	9234117	46	8.40	
69	Kayen	Sumber Glantik	497530	9234389	37		
70	Kayen	Sumur Tuang	496538	9234018	49		
71	Kayen	Sumur Tuang	496538	9234018	49		
72	Kedung Winong	Lanang	489175	9233096	44	2.52	
73	Kedung Winong	Wedok	488929	9233033	44		
74	Kedung Winong	Dukuh Facul	488696	9232268	104	36.89	

75	Baleadi	Cendi	486614	9232709	31	22.40	
76	Baleadi	Beji	486635	9232820	35	71.86	
77	Mlawat	Giwang	486417	9232574	35	44.11	
78	Sukolilo	Belik Ungu	492826	9232316	255		
79	Sukolilo	Belik	492473	9232093	252		

Tabel diatas menunjukkan manfaat air bagi penduduk sekitar Pegunungan Kendeng Utara. Air akan hilang dari Pegunungan Kendeng Utara jika manusia tak mampu menjaga sumber daya alam yang melimpah di kawasan ini. Berbagai upaya dilakukan untuk menjaga ketersediaan air di kawasan ini dengan cara menanam lebih banyak lagi berbagai jenis tanaman keras diperbukitan dan kawasan atas Pegunungan Kendeng Utara. Kelompok masyarakat *Sedulur Sikep* secara sukarela menghijaukan kembali rona Pegunungan Kendeng Utara Sukolilo dengan menanam pohon mahoni, jati, mete, akasia dan bibit tanaman keras lainnya yang mereka peroleh dari bantuan pemerintah, perhutani, pihak swasta serta mereka secara mandiri agar air tetap mengucur di kawasan ini. Mereka secara berkelompok maupun sendiri-sendiri dengan sukarela menanam pepohonan disela-sela waktu mereka bercocok tanam di lahan pertanian mereka.

Pengetahuan lokal yang mereka amati dan peroleh dari alam sekitar Pegunungan Kendeng Utara salah satunya berkaitan dengan fungsi dan peran pepohonan untuk menjaga sumber air dan mencegah terjadinya bencana alam yang sering menimpa masyarakat sekitar Pegunungan Kendeng Utara di Kecamatan Sukolilo, Kayen dan Tambakromo. Banjir bandang yang pernah menghancurkan pemukiman serta areal pertanian beberapa desa di 3 kecamatan tersebut, sehingga mengakibatkan gagal panen, rusaknya fasilitas umum, perumahan serta kerugian bagi masyarakat sekitar. Disamping itu berbagai jenis tanaman keras di perbukitan maupun puncak Pegunungan Kendeng Utara diharapkan mampu menjadi perisai ketika angin puting beliung mengancam kawasan ini,` angin puting beliung pernah merobohkan beberapa rumah dan fasilitas umum lainnya di beberapa desa di Kecamatan Kayen.

Disamping beberapa fungsi diatas menurut tradisi masyarakat *Sedulur Sikep* keberadaan tanaman keras di sekitar Pegunungan Kendeng Utara sangat bermanfaat untuk menjaga sumber daya air. Sumber daya air sebgaiian besar terdapat pada kawasan Pegunungan Kendeng Utara yang banyak ditumbuhi tanaman keras. Sehingga banyak ditemukan mata air didekat pohon besar seperti sumber air Dhodo, Ronggoboyo yang ada di Kecamatan Kayen dan beberapa sumber air lainnya yang tersebar di 3 kecamatan tersebut. *Sedulur Sikep* sangat menghargai air mereka tidak diperkenankan merusak atau mengotori mataair.

D. Kesimpulan

Masyarakat *Samin* atau *Sedulur Sikep* merupakan bagian dari masyarakat Jawa yang tinggal di pedesaan dan memegang teguh ajaran Saminisme. Saminisme merupakan ajaran kebatinan yang digagas oleh Surosentiko Samin. Saminisme mengajarkan kepada para pengikutnya salah satunya untuk hidup selaras dengan alam sekitar. Masyarakat

adat *Sedulur Sikep* di Sukolilo Kabupaten Pati sebgaiin besar berdiam di Desa Baturejo, Dukuh Bombong dan Bacem. Mereka hanya bekerja sebagai petani dan buruh tani yang kehidupan mereka sangat tergantung dengan kebaikan alam sekitar Pegunungan Kendeng. Ajaran Saminisme tidak memperbolehkan masyarakat *Sedulur Sikep* untuk bekerja selain petani. Untuk keberlangsungan kehidupan mereka, masyarakat *Sedulur Sikep* harus menjaga hubungan harmoni dengan alam sekitar. Masyarakat adat *Sedulur Sikep* percaya alam akan memberikan manusia apa yang mereka butuhkan jika manusia menghormati dan memuliakan alam sekitar. Manusia harus menghormati dan muliakannya seperti ibu yang melahirkan manusia. Bumi adalah ibu pertiwi yang menjadikan kehidupan manusia di Bumi serba kecukupan dari jaman nenek moyang hingga saat ini. Tradisi, adat istiadat, norma maupun etika masyarakat *Sedulur Sikep* dalam menjaga hubungan keselarasan dengan alam sekitar Pegunungan Kendeng merupakan salah satu bentuk kearifan lingkungan.

Air merupakan kebutuhan utama bagi manusia untuk keberlansungan hidupnya, disamping itu air merupakan sarana utama bagi petani untuk bercocok tanam. Penolakan *Sedulur Sikep* terhadap penambangan batu kapur dan beberapa bebatuan lainnya di Pegunungan Kendeng bertujuan agar air di kawasan tersebut tetap lestari. Kerusakan kawasan Pegunungan Kendeng Utara merupakan malapetaka bagi masyarakat sekitar.

E. Saran

1. Masyarakat *Sedulur Sikep* merupakan salah satu komunitas masyarakat adat yang mempunyai kearifan lingkungan sebagai hasil dari hubungan selaras dengan alam sekitar. Mereka berusaha sekuat tenaga untuk menjaga rona lingkungan kawasan Pegunungan Kendeng Utara secara arif dan bijaksana. Pandangan mereka terhadap alam sekitar merupakan modal kokoh untuk menjaga alam

- tetap lestari. Kearifan lingkungan Sedulur Sikep perlu dijaga dan dilestarikan agar Pegunungan Kendeng tidak rusak dan binasa oleh tangan manusia yang tidak bertanggungjawab.
2. Diperlukan kebijakan pemerintah untuk melindungi kearifan lingkungan masyarakat adat Sedulur Sikep. Agar tidak mengalami kepunahan. Salah satunya melalui pengakuan pemerintah terhadap eksistensi Sedulur Sikep. Beberapa kearifan lingkungan masyarakat adat di Bumi Nusantara telah mengalami kepunahan atau degradasi karena proses akulturasi budaya dan intervensi masyarakat luar terhadap kearifan lingkungan mereka. Akibatnya lingkungan alam sekitar mereka telah mengalami kerusakan sehingga keberlangsungan hidup mereka sangat terganggu.
 3. Setiap perencanaan pembangunan hendaknya selalu melibatkan masyarakat setempat, sebagai salah satu pemangku kepentingan. Pembangunan yang tidak berpihak kepada masyarakat sekitar akan berakibat fatal bagi keberlangsungan pembangunan tersebut juga akan menimbulkan masalah baru bagi masyarakat. Gesekan masyarakat yang pro dan kontra terhadap salah satu program pembangunan akan merugikan masyarakat serta pemangku kepentingan lainnya termasuk investor dan pemerintah.
 4. Program pembangunan nasional harus selalu pro lingkungan, selama ini lingkungan menjadi komoditas yang tak pernah dihitung, dampak yang ditimbulkan dari suatu usaha bisnis yang mengeksploitasi lingkungan adalah kerusakan lingkungan tanpa terkendali. Setelah lingkungan hidup rusak akibat ulah investor dan pemerintah yang tidak bertanggung jawab masyarakat sekitar lokasi usaha pertambangan atau usaha eksploitasi sumberdaya alam lainnya akan menanggung dampak negatif sebagai akibat dari usaha tersebut. Seperti banjir bandang, kekeringan, kesehatan masyarakat serta beberapa dampak sosial, budaya, ekonomi serta psikologis.
 5. Pemerintah harus membatalkan rencana pembangunan pabrik semen di seluruh kawasan Pegunungan Kendeng karena merupakan pegunungan karst yang mempunyai berbagi sumber daya alam tak ternilai. Pegunungan Karst mempunyai fungsi hidrologi sebagai tandon air raksasa yang sangat dibutuhkan manusia sebagai kebutuhan pokok dalam keberlangsungan hidupnya. Sulitnya untuk mendapatkan air bersih di beberapa daerah akhir-akhir ini adalah sebagai akibat dari kerusakan lingkungan. Akibat eksploitasi sumber daya mineral di berbagai kawasan di Indonesia berdampak negatif terhadap masyarakat sekitar. Keluhan masyarakat di berbagai daerah terkait usaha pertambangan sangat meresahkan masyarakat. Pemerintah tidak hanya mempertimbangkan peningkatan kesejahteraan daerah melalui peningkatan pendapatan asli daerah tetapi yang terpenting menjaga keseimbangan alam sekitar agar rakyat tidak resah karena dampak dari industri berbasis sumber daya alam sekitar. Tercemarnya sungai-sungai di Papua akibat usaha tambang, teluk Buyat yang carut marut akibat pertambangan emas, serta beberapa daerah yang mengalami dampak yang sama sebagai akibat dari pembangunan yang kurang memihak terhadap kepentingan masyarakat.

Daftar Pustaka

Adji, T. N. 2006. Peranan Geomorfologi dalam Kajian Kerentanan Air Bawah Tanah

- Karst. Gunung Sewu, Indonesia Cave and Karst Journal, 2(1). 68-79
- Agung Wibowo, Sugihardjo, 2011, Strategi Bertahan dan Strategi Adaptasi Petani Samin Terhadap Dunia Luar, Jurnal Sepa : Vol. 8 No. 2 Pebruari 2012 : 51 – 182
- Arikunto, Suharsimi.2003. manajemen Penelitian, Jakarta: PT. Rineka Cipta
- Aulia Sumarna OktavianTia dan Dharmawan Hadi Arya ,2010,*Local Wisdom of Water Resource Management in Kampung Kuta*, Sodality: Jurnal Transdisiplin Sosiologi, Komunikasi, dan
- ASC, 2008, Laporan Hidrologi Kars dan Pemanfaatan Sumberdaya Air Kawasan Sukolilo, Pusat Studi Manajemen Bencana UPN Veteran Yogyakarta, Acintyacunyata Speleological Club (ASC) Yogyakarta. Jaringan Masyarakat Peduli Pegunungan Kendeng dan Paguyuban Kadang Sikep.
- Benda.H and Castles L,1969,The Samin movement,In: Bijdragen tot de Taal-, Land- en Volkenkunde 125 (1969), no: 2, Leiden, 207-240
- Darmastuti, Rini, 2010, *Two Ways Communication: Sebuah Model Pembelajaran dalam Komunitas Samin di Sukolilo Pati*, Jurnal Ilmu Komunikasi, Volume 8, Nomor 2, Mei - Agustus 2010, halaman 204 – 216
- Ford, D. Dan Williams, P. 1992. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Chapman and Hall
- Hadi ,Sudharto P, 2014. Bunga Rampai manajemen LingkunganManusia dan Lingkungan,Yogyakarta, Thafa Media.
- Hadi ,Sudharto P, 2009. Manusia dan Lingkungan,Badan Penerbitan Universitas Diponegoro
- Hadi ,Sudharto P, 1997.Bahan Kuliah Metodologi Penelitian Sosial Kualitatif, Kuantitatif, Kaji Tindak . Penerbit FISIP Undip, Semarang.
- Hadi ,Sudharto P, 1991. Paper Comparative Analysis Of Community Development: Developed and Developing Countries, Vancouver, University British Of Columbia.
- Hutomo, Suripan Sadi, 1996. Tradisi dari Blora. Citra Almamater,Semarang.
- http://blorakab.go.id/03_Samin.php diakses pada 10 Agustus 2014, pukul 20:44:34)
- Kepmen ESDM Republik Indonesia No.2641/K/40/MEM/2014
- Keraf , Sonny,2010, Etika Lingkungan Hidup, Jakarta, Kompas Penerbit Buku
- King V.1973.Some observations on the Samin movement of North-Central Java. Suggestions for the theoretical analysis of the dynamics of rural unrest.
- In: Bijdragen tot de Taal-, Land- en Volkenkunde 129 (1973), no: 4, Leiden, 457-481
- Korver, A. 1976, *The Samin Movement and Millenarism*, in Bijdragen tot de Taal, Land- en Volkenkunde, 132 (1976), no: 2/3, Leiden, 249-266
- Manajemen Bencana UPN "Veteran" Yogyakarta, Acintyacunyata Speleological Club (ASC) Yogyakarta, Jaringan Masyarakat Peduli Pegunungan Kendeng dan Paguyuban Kadang Sikep.
- Munfangati, Titi, 2004. Kearifan Lokal Di Lingkungan Masyarakat Samin,J arahnitra, Yogyakarta
- Purnaweni, Hastuti.2014.Kebijakan Lingkungan Hidup di Kawasan Kendeng Utara Provinsi Jawa Tengah, Jurnal Ilmu Lingkungan Undip, Vol 12, No.1, 53-65

Dampak Pencemaran Perairan Terhadap Kualitas Air dan Struktur Komunitas Makrozoobenthos Di Muara Sungai Tapak dan Karanganyar, Semarang

Muh. Yusuf¹⁾, Bambang Yulianto²⁾, Dwi P Sasongko³⁾

(Staf Pengajar Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana,
Universitas Diponegoro)

e-mail: muh_yusuf_undip@yahoo.co.id

ABSTRAK

Perairan Muara Sungai Tapak dan Karanganyar telah tercemar oleh limbah yang berasal dari sejumlah pabrik yang berada di hulu sungai. Pencemaran yang terjadi telah menyebabkan menurunnya kualitas air dan terganggunya kehidupan organisme makrozoobenthos. Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kualitas lingkungan perairan dan struktur komunitas organisme makrozoobenthos, meliputi nilai indeks keanekaragaman jenis (H'), indeks keseragaman jenis (E), dan indeks dominansi jenis (D) dalam kaitannya dengan bahan pencemar (polutan). Metode dalam penelitian ini adalah studi kasus. Pengambilan sampel dilakukan tiga kali ulangan dengan interval waktu antar ulangan 14 hari. Analisis data untuk mengetahui kualitas perairan dengan menggunakan Baku Mutu Air Laut dan perhitungan Indeks Mutu Lingkungan Perairan (IMLP). Struktur komunitas hewan makrozoobenthos dianalisis dengan menggunakan nilai indeks keanekaragaman jenis (H'), indeks keseragaman jenis (E), dan dominansi jenis (D). Hasil analisis kualitas perairan menunjukkan bahwa beberapa parameter fisika dan kimia perairan telah melampaui baku mutu air laut (untuk kehidupan biota laut), meliputi: kekeruhan, nitrat, fosfat dan amonia. Hasil analisis IMLP menunjukkan bahwa kondisi kualitas perairan di lokasi penelitian termasuk dalam kriteria Sedang. Hasil analisis struktur komunitas makrozoobenthos menunjukkan nilai indeks H' berkisar antara 0,97-1,42, indeks E berkisar antara 0,20-0,81, dan indeks D berkisar 0,19-0,79. Nilai indeks tersebut menunjukkan relatif rendah kecuali stasiun penelitian III untuk indeks H' sebesar 0,81, dan stasiun penelitian V untuk indeks C sebesar 0,79. Jika nilai indeks H' dikaitkan dengan tingkat pencemaran yang terjadi, dikatakan bahwa daerah penelitian telah tercemar dengan kriteria cukup berat/sedang karena nilai H' berada antara 1 - 2. Hasil identifikasi organisme makrozoobenthos menunjukkan bahwa ditemukan 15 genus yang terdiri dari 4 kelas yaitu, Gastropoda (3 genus), Bivalvia (4 genus), Polychaeta (7 genus) dan Crustacea (1 genus). Nilai kelimpahan individu jenis relatif rendah yaitu antara 11-25 individu/m². Tekstur substrat dasar perairan masing stasiun penelitian umumnya berupa lumpur (*silt*).

Kata Kunci : Kualitas Air, Struktur Komunitas Makrozoobenthos, Muara Sungai Tapak

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pesatnya laju pembangunan dan meningkatnya jumlah penduduk di berbagai kota besar di Indonesia seperti di kota Semarang, secara nyata telah menimbulkan dampak berupa meningkatnya jumlah buangan berupa limbah (*waste*) yang berasal dari berbagai kegiatan manusia terutama

kegiatan yang menempati wilayah pesisir/pantai seperti industri, intensifikasi pertanian, perikanan (tambak udang), pengembangan pelabuhan, lalu-lintas kapal-kapal laut. Limbah yang berasal dari kegiatan manusia ini dapat menyebabkan timbulnya pencemaran perairan yang berpengaruh terhadap menurunnya kualitas air dan terganggunya kehidupan organisme perairan terutama organisme makrozoobenthos.

Organisme makrobenthos dapat dipergunakan sebagai indikator pencemaran dan penilaian kualitas lingkungan perairan, karena sifat hidupnya yang relatif menetap di dasar perairan, sehingga jika terjadi pencemaran air atau perubahan kualitas perairan akan sulit untuk menghindarkan diri. Menurut Oey (1978), organisme makrobenthos dapat dianggap lebih mencerminkan adanya perubahan faktor-faktor lingkungan dari waktu ke waktu pada suatu ekosistem. Dampak menurunnya kualitas perairan terhadap biota air dapat terlihat pada struktur komunitasnya, terutama nilai indeks keanekaragaman jenis (Yusuf *et al.* 2005).

Berdasarkan pemberitaan yang pernah beberapa kali muncul di surat kabar (Suara Merdeka dan Kompas, 2011), dan berdasarkan hasil pra-survei ke lapangan pada tahun yang sama, sungai Karanganyar dan Tapak diduga telah tercemar karena menerima buangan limbah yang berasal dari sejumlah industri yang terdapat di kawasan industri Wijaya Kusuma dan di hulu sungai Karanganyar dan Tapak. Berdasarkan data dari Kantor Wilayah Departemen Perindustrian Propinsi Jawa Tengah (2011) menyebutkan sejumlah industri yang beroperasi di kawasan industri Wijaya Kusuma dan di hulu sungai Karanganyar dan Tapak, terdiri dari sejumlah industri yang menghasilkan produk kertas, kemasan karton, percetakan, garmen pakaian, tekstil, penyamakan kulit, galvanis, baterai, keramik, *cold storage* untuk ikan dan udang, makanan dan penyedap masakan. Jenis-jenis industri ini sangat berpotensi menghasilkan limbah organik dan anorganik yang bersifat racun dan sangat membahayakan bagi kehidupan organisme perairan seperti ikan, udang (krustasea), moluska terutama organisme makrozoobenthos.

Muara Sungai Karanganyar dan Tapak berada di wilayah Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Pemerintah Kota Semarang, Propinsi Jawa Tengah. Muara Sungai Karanganyar dan Tapak tepatnya berada di sisi Barat Kota Semarang yang berjarak sekitar 12 km dari pusat kota. Secara geografis Kota Semarang terletak pada posisi

antara 06°.53'.00" LS - 06°.57'.00" LS dan 110°.24'.00" BT - 110°.26'.00" BT.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas lingkungan perairan dan struktur komunitas organisme makrobenthos, meliputi nilai indeks keanekaragaman jenis (H'), indeks keseragaman jenis (E), dan indeks dominansi jenis (D) dalam kaitannya dengan bahan pencemar (polutan).

MATERI DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada di muara sungai Tapak dan Karanganyar, termasuk ke dalam wilayah Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang (Gambar 1). Penelitian telah dilaksanakan selama lebih kurang 6 (enam) bulan, dimulai bulan April-September 2015. Pengamatan kualitas air, pengambilan sampel sedimen dan organisme makrozoobenthos dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dengan interval waktu antar ulangan adalah 14 hari.

Bahan dan Peralatan Penelitian

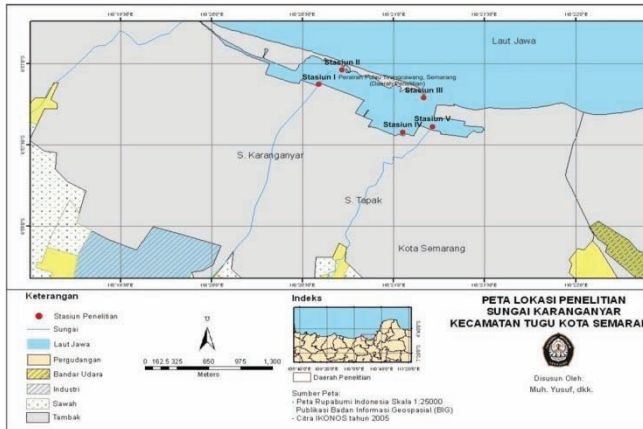
Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa: sampel air, sampel organisme makrozoobenthos dan substrat (sedimen) dasar perairan yang diambil dari sejumlah stasiun penelitian yang telah ditetapkan. Sampel air diambil secara langsung pada lapisan permukaan dengan menggunakan botol-botol sampel. Organisme benthos dan sedimen diambil dengan alat *Van Veen Grab* ukuran 15 x 15 cm. Sampel makrobenthos yang terambil, dipisahkan dari lumpur dengan menggunakan saringan berukuran diameter 1,0 mm. Sampel benthos selanjutnya diawetkan dengan formalin 4 % dan diberi pewarna rosebengale, selanjutnya diidentifikasi dengan alat bantu mikroskop dan menggunakan buku acuan identifikasi dari berbagai sumber seperti Dharma, B (1988), Gosner, K.L. (1971), Hutching, P. (1984).

Parameter fisika-kimia perairan yang diukur dan metode pengukuran atau analisisnya secara lengkap disajikan pada Tabel di bawah ini:

Tabel 1. Parameter Fisika-Kimia Perairan, Alat dan Metode Pengukuran/Analisis

Keterangan:

Wi = bobot parameter ke-i; skala 0 – 1



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Di Muara Sungai Tapak dan Karanganyar, Semarang

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus. Penentuan stasiun penelitian atau titik sampling dilakukan dengan menggunakan *purposive sampling method*. Pada penelitian ini ditentukan 5 titik stasiun penelitian pada lokasi yang berbeda (Gambar 1).

Analisis Data

Analisis Kualitas Air

Parameter fisika-kimia perairan yang terukur dibandingkan dengan Baku Mutu Air Laut untuk kepentingan kehidupan biota laut sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Nomor Keputusan 02/MEN.KLH/I/1988. Di samping itu, beberapa parameter fisika-kimia yang terukur juga dinilai secara kuantitatif dengan menggunakan nilai Indeks Mutu Lingkungan Perairan (IMLP) dari US-National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI), Ott (1978) dalam Yusuf *et.al* (2005), yang bertujuan untuk mengetahui kualitas air secara lebih umum berdasarkan pada sejumlah parameter yaitu: DO, pH, NH₃-N, BOD-5, total fosfat, kekeruhan, dan padatan tersuspensi.

Adapun rumus yang dipergunakan untuk mencari nilai IMLP sebagai berikut:

$$IMLP = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot N_i}{n}$$

No.	Parameter	Alat dan Metode Analisis
1.	Temperatur	Termometer air raksa (Hg)
2.	Kecepatan arus	Bola duga
3.	Kedalaman	Meteran
4.	Kekeruhan	Turbidi meter
5.	Kecerahan	Piring sechii
6.	Padatan tersuspensi	Kertas saring millipore
7.	Substrat dasar (tekstur)	Grain size analysis
8.	pH	Kertas pH
9.	Salinitas	Hand refraktometer
10.	Oksigen terlarut	Titration metode Winkler
11.	BOD ₅	Titration metode Winkler, setelah diencerkan, diinkubasi pada suhu kamar (20 °C)
12.	COD	Titration dengan fero amonium sulfat/kalium dikhromat
13.	Nitrat	Spektrofotometer, metode Ag ₂ SO ₄
14.	Amonia	Spektrofotometer, metode Nessler
15.	Fosfat	Spektrofotometer, metode asam asorbik/khlorida timah

i = nilai sub indeks dari parameter DO, pH,, padatan tersuspensi

Ii = nilai dari kurva baku sub indeks ke-i; skala 0 – 100

Sedangkan nilai sub indeks dari masing-masing parameter kualitas air, disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Nilai Kepentingan Parameter (NKP) dalam Perhitungan Nilai Indeks Mutu Lingkungan Perairan (IMLP), (Ott, 1978 dalam Yusuf *et al.* 2005)

Keterangan:

- Ott, 1978 dalam Yusuf *et al.*, 2005
- Modifikasi W_i tanpa data fecal coliform dan suhu (Yusuf *et al.* 2005)

Hasil perhitungan IMLP kemudian dibandingkan dengan Kriteria Mutu Lingkungan Perairan menurut NSF-WQI (Ott, 1978), tertera pada Tabel berikut:

Tabel 3. Kriteria Mutu Lingkungan Perairan (NSF-WQI, Ott, 1978).

No.	Nilai IMLP NSF-WQI (Ott, 1978)	Nilai IMLP NSF-WQI (Modifikasi)	Kriteria Kualitas Air
1.	0 – 25	0 - 50	Sangat buruk
2.	26 – 50	51 - 60	Buruk
3.	51 – 70	61 - 70	Sedang
4.	71 – 90	71 - 80	Baik
5.	91 - 100	81 - 100	Sangat baik

Analisis Biologi

Indeks Keanekaragaman Jenis (H')

Indeks keanekaragaman dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

dimana,

H' : Indeks keanekaragaman jenis Shannon Wiener

P_i : Perbandingan antara jumlah individu jenis ke-i dan jumlah total individu (n_i/N)

N_i : Individu jenis ke-i

N : Jumlah total individu (Cody dan Diamond, 1977)

Indeks Keseragaman Jenis (E)

Nilai indeks keseragaman dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

No.	Parameter	NKP (W_i) ^a	NKP (N_i) ^b
1	DO	0,17	0,23
2	Fecal coliform	0,15	-
3	pH	0,12	0,16
4	BOD	0,10	0,13
5	Nitrat	0,10	0,13
6	Fosfat	0,10	0,13
7	Suhu	0,10	-
8	Kekeruhan	0,08	0,11
9	TSS	0,08	0,11
ΣW_i		1,00	1,00

$$E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

dimana,

E : Indeks keseragaman jenis

H' : Indeks keanekaragaman jenis Shannon Wiener

H' maks : Keanekaragaman maksimum ($\log_2 S$)

S : Jumlah jenis dalam sampel (Cody dan Diamond, 1977)

Indeks Dominansi Jenis (D)

Indeks dominansi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$D = 1 - E$$

dimana,

D : Indeks dominansi

E : Indeks Keseragaman Jenis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Perairan (Parameter Fisika-Kimia)

Berdasarkan dari hasil penelitian, didapatkan nilai rata-rata hasil pengukuran parameter fisika dan kimia perairan pada masing-masing stasiun penelitian yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Rataan dari Parameter Fisika-Kimia Air yang Terukur di Setiap Stasiun Pengamatan, Perairan Muara Sungai Karanganyar dan Tapak Semarang.

Parameter	Satuan	Stasiun Pengamatan					Baku Mutu untuk Biota Air Laut (BML)	Ket.
		I	II	III	IV	V		
FISIKA								
Kedalaman	cm	55	75	70	55	75	Coral, lamun, 20; mangrove 80 alami Coral >5, lamun >3 <5 -	-
TSS	mg/L	16,67	74	83,33	35,67	22,67		< BML
Suhu	° C	32,39	32,46	32,71	32,16	31,99		-
Kecerahan	Cm	47,25	44,72	70,16	72,13	60,36		> BML
Kekeruhan	NTU	17,12	41,47	45,71	36,78	31,54		> BML
Kec. Arus	m/dt	0,17	0,17	0,26	0,21	0,13	-	-
KIMIA								
Salinitas	g/L	28,11	29	29,78	31,78	28,56	33-34	< BML
pH		7,82	7,83	7,82	7,58	7,92	7-8,5	-
DO	mg/L	5	5,99	5,59	5,74	5,15	>5	> BML
BOD	mg/L	2,67	2,67	2,0	2,33	2,67	20	< BML
Phospat	mg/L	0,97	1,05	1,28	1,17	0,95	0,015	> BML
Nitrat	mg/L	0,34	0,35	0,22	0,27	0,23	0,008	> BML
Amoniak	mg/L	5,44	2,32	1,14	0,88	0,62	0,3	> BML

Keterangan:

> BML = Di atas ambang batas baku mutu air laut

< BML = Di bawah ambang batas baku mutu air laut

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51/MEN.LH/2004

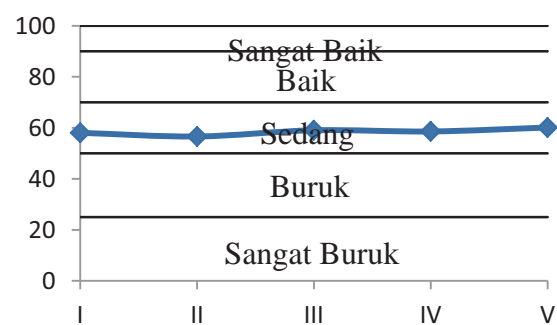
Analisis kualitas perairan dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu dengan membandingkan baku mutu air laut untuk kehidupan biota laut (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51/MEN.LH/2004), dan berdasarkan indeks mutu lingkungan perairan (IMLP), (Ott, 1978) dalam Yusuf *et al.*(2005).

Paramete	Stasiun Penelitian				
	I	II	III	IV	V
TSS	9,02	8,91	8,8	8,91	8,8
Kekeruhan	7,26	4,73	4,4	5,11	5,5
pH	14,56	14,54	14,56	14,88	14,4
DO	4,54	4,26	5,15	5,75	7,36
BOD	0,78	0,79	0,78	0,78	0,78
Nitrat	12,78	12,98	12,47	12,74	12,87
Fosfat	9,1	10,4	12,87	10,4	10,4
Jumlah	58,04	56,61	59,03	58,57	60,11

Hasil penelitian dan analisis menunjukkan bahwa beberapa sifat kimia perairan telah melampaui batas yang diperbolehkan dan diinginkan oleh Baku Mutu Air Laut. Sifat kimia ini adalah parameter DO, BOD₅, nitrat, fosfat dan amonia.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai IMLP berkisar antara 56,61-60,11 (Tabel 5). Hal ini dapat disimpulkan bahwa secara umum kondisi lingkungan perairan di lokasi penelitian termasuk dalam kualitas air dalam Kategori Sedang (Gambar 2). Jika kondisi ini dikaitkan dengan tingkat pencemaran yang terjadi, maka dapat disimpulkan bahwa lokasi penelitian telah tercemar ringan. Jika nilai IMLP tersebut dibandingkan dengan baku mutu air untuk biota air menurut Keputusan Menteri LH No.51/Men.LH/2004, maka tingkat kualitas perairan yang diperoleh tidak seluruhnya sama. Hal ini disebabkan karena ada beberapa parameter kualitas air yang diukur seperti DO, BOD₅, COD, nitrat, fosfat, amoniak, kekeruhan dan kecerahan air ternyata konsentrasinya telah melampaui ambang batas yang telah ditetapkan menurut baku mutu air laut untuk biota air (budidaya perikanan).

Tabel 5. Nilai Hasil Perhitungan IMLP



Gambar 2. Kurva Nilai IMLP di Setiap Stasiun Penelitian

Struktur Komunitas Makrobenthos

1. Komposisi dan Kelimpahan Individu Jenis

Berdasarkan hasil sampling organisme makrozoobenthos diperoleh klasifikasi yaitu 15 genus. Dari 15 genus yang diketemukan

terdapat 3 genus dari kelas gastropoda, 4 genus dari kelas bivalvia, 7 genus dari kelas polychaeta dan 1 genus dari kelas crustacea. Berdasarkan dari data tersebut dapat dilihat bahwa kelas polychaeta memiliki jumlah genus yang lebih banyak dibandingkan dengan kelas yang lain tetapi kelompok yang mendominasi berasal dari kelas gastropoda (Tabel 6).

Kelas gastropoda yang lebih dominan atau jumlahnya lebih banyak adalah *Cerithidae* sp. dengan kelimpahan sebesar 22,89. Jenis *Cerithidae* sp. merupakan organisme penghuni daerah pasang surut, yang dipengaruhi oleh naik turunnya air laut. Ini menunjukkan bahwa spesies tersebut mempunyai kisaran yang cukup luas terhadap faktor lingkungan, mampu berkembang biak dengan cepat dan disebabkan oleh cara penyebaran yang luas serta mempunyai daerah jelajah yang digunakannya untuk mencari dan memanfaatkan sumber daya yang diperlukan. Sedangkan pada kelas bivalvia genus yang paling banyak ditemukan adalah genus *Tellinidae* sp. dengan kelimpahan sebesar 1,89 (Tabel 6). Kelompok makrozoobenthos yang ditemukan ini sesuai dengan habitatnya, dimana substrat dasarnya didominasi oleh lumpur. Menurut Ardi (2002) hewan benthos yang termasuk kelompok gastropoda, bivalvia, polychaeta dan crustacea dapat ditemukan pada daerah yang memiliki substrat lumpur dan berpasir.

Kelas polychaeta mempunyai frekuensi kemunculan yang tinggi di setiap stasiun penelitian, hal ini menunjukkan bahwa hewan ini mempunyai kemampuan beradaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan. Kelas ini dapat hidup pada bermacam-macam tipe habitat berupa substrat berlumpur, berpasir, dan berbatu-batu dan fungsinya sebagai dekomposer (Almeida dan Ruta, 1998). Cognetti dan Maltagliati (2000) juga menyatakan bahwa Polychaeta jenis *Nereis* sp. merupakan hewan perairan yang mampu beradaptasi terhadap perubahan salinitas serta toleran terhadap kandungan oksigen rendah, kandungan logam berat pada konsentrasi yang cukup tinggi di sedimen dan perubahan suhu yang ekstrim. Selanjutnya dikatakan juga *Nereis* sp. mempunyai peluang makan yang lebih banyak dibandingkan genus

lain yang memiliki kisaran tempat makan dan ruang gerak lebih sempit, karena hewan ini bersifat omnivora.

Tabel 6. Rerata Komposisi dan Kelimpahan Individu Jenis Makrozoobenthos (ind/m²).

No	Genus	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Stasiun IV	Stasiun V
Gastropoda						
1	<i>Cerithidae</i> sp	0	13,44	0	8,22	22,89
2	<i>Buccinidae</i> sp	0	0,11	0	0	0
3	<i>Nerita</i> sp	0	0	0,11	0	0
Bivalvia						
1	<i>Tellinidae</i> sp	0	0,11	1,89	0,89	0,78
2	<i>Atactodea</i> sp	0	0	0	0,22	0,67
3	<i>Barbatia</i> sp	0	0	0,11	0	0
4	<i>Tapes</i>	0	0	0	0,22	0,78
Polychaeta						
1	<i>Nereidae</i> sp	0,57	2,22	0,89	1	0
2	<i>Capitellidae</i> sp	0	0,57	0,11	0,11	0
3	<i>Paraonidae</i> sp	0,89	0,67	0,11	0	0
4	<i>Owenidae</i> sp	0,33	0,67	0,22	0	0
5	<i>Nephtys</i> sp	2,33	1	0,11	0,78	0
6	<i>Hesiospina</i> sp	0,11	0	0	0	0,11
7	<i>Goniadides</i> sp	0	0	0	0,22	0
Crustacea						
1	<i>Lirceus</i> sp	9,43	0,11	0	0	0
Jumlah		13,66	18,9	3,55	11,66	25,23

Capitella sp. merupakan spesies yang dapat ditemukan di setiap lokasi penelitian juga mempunyai kemampuan untuk bertahan hidup pada kondisi yang ekstrim dengan DO rendah dan H₂S yang tinggi karena spesies ini termasuk spesies terpilih klasik, spesies ini mampu bereproduksi baik dengan larva planktonik maupun larva benthik, memiliki siklus hidup pendek dan mencapai kedewasaan dari telur dalam waktu kurang lebih tiga minggu. Oleh karena itu species ini secara terus menerus memenuhi kembali sedimen yang terkena pencemaran. Menurut Cognetti dan Maltagliati (2000) spesies-spesies ini memiliki kemampuan dalam menyerap bahan organik terlarut, mereka selalu bergerak aktif dan mencari makan di permukaan substrat.

Indeks Keragaman Jenis (H'), Indeks Keseragaman Jenis (E) dan Indeks Dominansi Jenis (D) Makrozoobenthos.

Berdasarkan dari hasil perhitungan nilai rerata indeks keanekaragaman jenis (H') makrozoobenthos berkisar antara 0,97 hingga 1,42 (Tabel 7). Berdasarkan data tersebut dapat di lihat bahwa kualitas air di daerah

penelitian tergolong sangat jelek atau tercemar berat karena nilainya ≥ 1 menurut

Stasiun	Indeks	Periode Pengamatan			Rata-rata
		I	II	III	
I	S	2,58	2	1,58	2,05
	H'	1,93	0,87	1,12	1,31
	E	0,75	0,44	0,71	0,63
	D	0,25	0,56	0,29	0,37
II	S	2,81	2,32	1,58	2,24
	H'	2,19	0,73	0,99	1,30
	E	0,78	0,31	0,63	0,57
	D	0,22	0,69	0,37	0,43
III	S	1,58	2,32	1,58	1,83
	H'	1,37	1,31	1,58	1,42
	E	0,86	0,56	1	0,81
	D	0,13	0,44	0	0,19
IV	S	1,58	3	2,32	2,3
	H'	1,06	2,29	0,91	1,42
	E	0,67	0,76	0,39	0,61
	D	0,33	0,24	0,61	0,39
V	S	0	2,32	2	1,44
	H'	1,6	0,78	0,53	0,97
	E	0	0,34	0,27	0,20
	D	1	0,66	0,73	0,80

Wilhm (1975) dalam Yusuf, *et al* (2005). Rendahnya nilai keanekaragaman jenis di daerah penelitian disebabkan karena tingginya konsentrasi bahan pencemar yang telah melewati ambang batas toleransi sehingga menyebabkan kematian pada hewan makrozoobenthos.

Nilai rata-rata indeks keseragaman jenis (E) makrozoobenthos tertinggi terdapat di stasiun I sebesar 0,81 dan terendah di stasiun V sebesar 0,20 (Tabel 7). Nilai indeks keseragaman dikatakan memiliki keseragaman jenis rendah apabila memiliki nilai ≤ 3 . Jika nilai keseragaman berada diantara $> 0.3-0.6$, maka perairan tersebut

dapat dikatakan memiliki nilai keseragaman jenis tergolong sedang. Sedangkan apabila nilai keseragaman jenis lebih dari 0.6, maka perairan tersebut dapat digolongkan menjadi perairan yang memiliki keseragaman jenis tinggi. Berdasarkan dari data penelitian, maka lokasi penelitian digolongkan menjadi perairan yang memiliki tingkat keseragaman sedang sampai dengan tinggi. Indeks keseragaman berbanding terbalik dengan indeks keanekaragaman jenis.

Rata-rata nilai indeks dominansi jenis (D) tertinggi terdapat di stasiun V sebesar 0,80 dan terendah di stasiun III sebesar 0,19 (Tabel 7). Odum (1971) menyatakan bahwa nilai indeks dominansi berkisar antara 0.50-1.00 berarti terdapat jenis yang mendominasi pada ekosistem tersebut. Adanya dominansi genus tertentu diduga karena lingkungan tersebut telah mengalami gangguan yang cukup serius sehingga hanya spesies tersebut yang dapat bertahan. Organisme benthos yang mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan akan tetap hidup dan yang tidak mampu beradaptasi akan mengalami kematian (Winarni, 2002).

Tabel 7. Jumlah Jenis (S), Indeks Keanekaragaman Jenis (H'), Indeks Keseragaman Jenis (E) dan Indeks Dominansi (D) Makrozoobenthos di Daerah Penelitian.

Tekstur Substrat Dasar Perairan

Hasil analisis tekstur substrat di daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Tipe Substrat (sedimen) Dasar Perairan

Fraksi/Butiran (%)	Stasiun Pengamatan				
	I	II	III	IV	V
Gravel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sand	4,60	5,18	4,82	12,74	13,30
Silt	90,04	91,46	91,82	81,90	78,63
Clay	5,36	3,36	3,36	5,36	8,07
Tipe Substrat	<i>Silt</i>	<i>Silt</i>	<i>Silt</i>	<i>Silt</i>	<i>Silt</i>

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa tipe substrat dasar di daerah penelitian adalah lumpur (*silt*).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan kondisi fisika-kimia air, maka kualitas perairan di daerah penelitian telah tercemar. Parameter yang menyebabkan tercemarnya perairan adalah kekeruhan, DO, BOD₅, COD, nitrat, fosfat, dan amoniak, karena konsentrasinya telah melampaui Baku Mutu Air Laut untuk kehidupan biota.
2. Nilai Indeks Mutu Lingkungan Perairan menunjukkan bahwa kualitas air di semua stasiun pengamatan termasuk kedalam kriteria sedang, berarti di daerah penelitian perairannya telah tercemar ringan.
3. Nilai indeks keanekaragaman jenis (H') biota makrozoobenthos di daerah penelitian relatif rendah. Nilai indeks keseragaman jenis (E) memiliki tingkat keseragaman sedang sampai dengan tinggi. Nilai indeks dominansi (D) berkisar dari rendah sampai dengan tinggi. Nilai indeks keanekaragaman jenis berbanding terbalik dengan indeks keseragaman jenis.
4. Jika nilai indeks keanekaragaman jenis (H') tersebut dihubungkan dengan tingkat kualitas air, maka dikatakan bahwa di daerah penelitian telah tercemar kategori berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Almeida T, C. and Ruta. 1998. Polychaeta assemblages in soft sediment near a subtidal macroalgae bed at arrial Do Cobo, Rio de jeneiro, Brazil
- Ardi. 2002. Pemanfaatan Makrobenthos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Pesisir. Program Pascasarjana (S3). Institut Pertanian Bogor.
- Brower, J.E. dan J.H. Zar. 1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. W.M.C. Brown Comp. Publising Co. Inc. New York.
- Cognetti DW and Maltagliati F. 2000. Biodiversity and adaptive mechanisms in brackish water fauna. Mar Poll Bull 40: 7-14.
- Dharma, B. 1988. Siput dan Kerang Indonesia (Indonesian Shells). PT. Sarana Graha Jakarta.
- Effendi, Hefni. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Gosner, K.L. 1971. Guide to Identification of Marine Estuarine Invertebrate. John Wiley and Sons, Inc. Toronto.
- Hawkes, H.A. 1978. Invertebrates as Indicator of River Water Quality. John Willey and Sond, Toronto.
- Hutagalung, H. P, D. Setiapermana dan S. H. Riyono. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku II. P3O. LIPI, Jakarta. 182 hlm.
- Hutching, P. 1984. An Illustrated Guide to The Estuarine Polychaeta Worms of New South Wales. The Australian Museum 6 – 8 College Street, Sydney NSW 2000.

- Nedelec. C. 2000. Definisi dan Klasifikasi Alat Tangkap Ikan (Edisi Bahasa Indonesia). Balai Pengembangan dan Penangkapan Ikan, Semarang. 120 Hal.
- Odum, H.T. 1971. Fundamentals of Ecology. 3 rd Edition. Toppan Co. Ltd., Tokyo.
- Odum, E.P. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Edisi Ketiga Penerjemah Ir. Tjahjono Samingan, MSc. Gajah Mada University Press. 630
- Ott, W.R. 1978. Environmental Indices. Theori and Practices. Ann Arbor Scien. Publ. Inc. Ann, Arbor Mich., New York.
- Perkins, E. J. 1974. The Biology of Estuaries and Coastal Waters. Academic Press, New York. 678 hlm.
- Sastrawijaya, A.T. 2000. Pencemaran Lingkungan. Cetakan Kedua. Rineka Cipta. Jakarta. 274 hlm.
- Southwood, T.R.E. 1978. Ecological Methods. With Particular Reference to the Study of Insect Populations. Chapman and Hall, New York.
- Suryabrata, S., 1992. Metodologi Penelitian. Cetakan VII. Rajawali Press. Jakarta. 79 hlm.
- Winarni. 2002. Dampak Pembangunan bagi Kualitas Air di Kawasan Pesisir Pantai Losari. Makasar. (Majalah Science and Technology Vol. 3). Hlm 37-44.
- Yusuf, Muh. 1994. Dampak Pencemaran Terhadap Kualitas Lingkungan Perairan dan Struktur Komunitas Hewan Makrobenthos di Pulau Tirangcawang Semarang. Tesis S2, Program Pascasarjana IPB Bogor.

Analisis Penggunaan Lahan Terhadap Aliran Air Permukaan (Runoff) pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Lusi Kabupaten Grobogan Jawa Tengah

S. Sunanto, P Purwanto dan W.A Soentoro

Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
di.nanto@yahoo.com

ABSTRAK

Sumber daya air merupakan sumber daya alam yang paling penting dalam menghadapi pertumbuhan penduduk yang tinggi, kelangkaan air tawar, ketidakaturan curah hujan dan penggunaan lahan yang berlebihan akan meningkatkan resiko terhadap kekeringan maupun polusi. Ketersediaan dan pemanfaatan berkelanjutan sumber daya air menjadi inti dari strategi daerah dan nasional maupun politik. Penelitian ini dilaksanakan di daerah aliran sungai Lusi Kabupaten Grobogan Provinsi Jawa Tengah yang merupakan sentra tanaman pangan di Jawa Tengah. Waktu pelaksanaan penelitian di lapangan dilakukan selama tahun 2014. Observasi dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan penggunaan lahan di daerah aliran sungai Lusi. Data penggunaan lahan dikelompokkan menjadi lahan untuk tanaman dan bukan tanaman. Data lahan tanaman berupa lahan sawah, lahan hutan, lahan tegal dan air digunakan untuk analisis penggunaan lahan (landuse). Hasil penelitian penggunaan lahan DAS Lusi setiap subbasin terlihat bahwa lahan sawah terluas pada subbasin 27 yaitu 1.872,05 Ha, lahan hutan terluas pada subbasin 26 yaitu 3.222,77 Ha, pemukiman terluas pada subbasin 32 yaitu 1.208,54 Ha, lahan tegal terluas pada subbasin 14 yaitu 672,44 Ha dan untuk air yang terdiri dari waduk, bendung dan sungai terluas pada subbasin 30 yaitu 53,23 Ha. Curah hujan tahunan 1.936,90 mm, menjadi aliran permukaan (runoff) sebesar 1.418,42 mm, hal ini karena Curve Number (CN) tanah sebesar 57,1 yang dapat diartikan tanah di DAS Lusi sangat kurang untuk meresapkan air ke dalam tanah. Hal ini juga dapat dilihat kecilnya air yang meresap ke dalam ground water yaitu 7,55 mm dan hanya 0,35 mm yang masuk ke air tanah dalam. Penguapan tinggi sebesar 1.087,2 mm karena sebagian besar DAS Lusi berupa lahan sawah yang mengakibatkan mudah terjadi penguapan. Hidrologi rata-rata bulanan jumlah curah hujan bulanan dan rata-rata jumlah runoff bulanan tertinggi pada bulan dua (Pebruari) sebesar 304,60 mm dan surface runoff 245,32 mm. Rata-rata jumlah curah hujan dan rata-rata jumlah surface runoff terendah pada bulan delapan (Agustus) yaitu 20,39 mm dan surface runoff sebesar 5,82 mm. Kesimpulan penelitian Aliran air permukaan (runoff) sangat tinggi yaitu dari curah hujan tahunan 1.936,90 mm, menjadi aliran permukaan (runoff) sebesar 1.418,42 mm, hal ini karena Curve Number (CN) tanah sebesar 57,1 yang dapat diartikan tanah di DAS Lusi sangat kurang untuk meresapkan air ke dalam tanah.

Kata kunci : Hidrologi, Runoff, SWAT.

I. PENDAHULUAN

Sumber daya air merupakan sumber daya alam yang paling penting dalam menghadapi pertumbuhan penduduk yang

tinggi, kelangkaan air tawar, ketidakaturan curah hujan dan penggunaan lahan yang berlebihan akan meningkatkan resiko terhadap kekeringan maupun polusi. Ketersediaan dan pemanfaatan berkelanjutan

sumber daya air menjadi inti dari strategi daerah dan nasional maupun politik. Sumber daya air diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup. Oleh karena itu, sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain. Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan harus dilakukan secara bijaksana, dengan memperhitungkan kepentingan generasi mendatang.

Polusi air merupakan penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang tersebar di alam tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, tetapi bukan berarti semua air sudah terpolusi. Air yang mengalami polusi sangat bervariasi tergantung dari jenis air dan polutannya atau komponen yang mengakibatkan polusi, pantai laut, sungai dan danau yang terpolusi, kehidupan hewan air akan berkurang. Pada syarat mutu air sungai di Indonesia, kadar amoniak yang tinggi pada air sungai selalu menunjukkan adanya pencemaran, kadar NH_3 harus rendah, pada air minum kadarnya harus nol dan pada air sungai harus di bawah 0,5 mg/l N (Alaerts, 1986).

SWAT terus mengalami perkembangan sejak awal dibuat, sampai saat ini SWAT telah dicoba dikembangkan untuk daerah tropis yang pada dasarnya memiliki ketersediaan data yang berbeda dengan daerah sub tropis dimana model ini diciptakan. SWAT merupakan model hidrologi berbasis fisika (*physically based*) yang membutuhkan informasi spesifik lokasi setempat tentang iklim, sifat-sifat tanah, topografi, vegetasi dan praktek pengelolaan lahan yang terjadi di dalam DAS (Neitch et al., 2005).

II. METODOLOGI

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di daerah aliran sungai Lusi Kabupaten Grobogan Provinsi Jawa Tengah yang merupakan sentra tanaman pangan di Jawa Tengah. Waktu

pelaksanaan penelitian di lapangan dilakukan selama tahun 2014.

B. Desain Penelitian

Desain penelitian dengan penelitian deskriptif kuantitatif dengan tahapan sebagai berikut :

1) *Observasi* : Observasi dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan penggunaan lahan di daerah aliran sungai Lusi.

2) *Pengumpulan Data* : Data penggunaan lahan dikelompokkan menjadi lahan untuk tanaman dan bukan tanaman. Data lahan tanaman berupa lahan sawah, lahan hutan, lahan tegal dan air digunakan untuk analisis penggunaan lahan (landuse). Data untuk analisis dengan Soil and Water Assessment Tools berupa data penggunaan tanah (landuse), data tanah (soil), data topografi (slope) dan data iklim. Data untuk kalibrasi dan validasi model diambil berupa data debit air harian dari bendung Klambu yang merupakan outlet dari sub DAS Lusi.

3) *Analisis Data* : Model SWAT diaplikasikan dengan melalui serangkaian proses yang berurutan. Input data yang diperlukan dimasukkan ke dalam proses model sesuai dengan urutan proses algoritma yang dilakukan SWAT. Ada 4 tahap yang harus dilalui, yaitu (1) Delineasi batas DAS, (2) Pembentukan HRU (Unit-unit Respon Hidrologi), (3) Menjalankan model SWAT, dan (4) Visualisasi. Proses tersebut dilakukan secara berurutan. Langkah Visualisasi bersifat pilihan karena hasil simulasi SWAT dapat dilihat pada folder TxtInOut berdasarkan kriteria penggolongan tertentu.

Penentuan Batas DAS Secara Otomatis (Automatic Watersheed Delineation), SWAT mendelineasi batas DAS yang diobservasi dengan menggunakan outlet sungai sebagai bagian paling hilir DAS. Delineasi dilakukan terhadap peta DEM yang telah diproyeksi sistem UTM zona 49S – datum WGS84. Garis batas DAS diperoleh berdasarkan titik-titik tertinggi punggung topografi. Proses delineasi merupakan langkah awal untuk menentukan catchment area DAS. Proses delineasi melalui 3 tahap, (1) Setup and Preprocessing, yang menggunakan satuan ketinggian dalam meter dan DEM yang telah dikonversi ke dalam format ASCII (.asc), (2) Network Delineation by Threshold Method, delineasi jaringan sungai menggunakan threshold (ambang batas) pada angka 1000

dalam satuan hektar, sedangkan jumlah grid cells yang terbentuk berdasarkan angka ambang batas yang ditetapkan, dan (3) Custom Outlet/Inlet Definition and Delineation Completion, titik outlet sungai diposisikan pada Bendung Klambu.

Pembentukan HRU yang merupakan unit-unit dalam suatu DAS yang turut menentukan respon sistem siklus hidrologi pada suatu areal tertentu. HRU merupakan karakter bagian DAS yang unik dan dibentuk dari unsur area batas sub-DAS, karakteristik tanah, penggunaan lahan dan kemiringan lereng.

SWAT Setup and Run adalah setup model SWAT dan menjalankannya. Dalam visualisasi Output, SWAT memberikan keleluasaan penyajian visualisasi hasil running model dengan diberikannya pilihan visualisasi data statik dan animasi.

Langkah kalibrasi dan validasi dilakukan dengan cara membandingkan secara statistik aliran air pada output hasil prediksi menggunakan model SWAT dengan aliran air pada output hasil observasi. Hal ini dilakukan untuk menilai sampai sejauh mana performa model dalam merepresentasikan keadaan aktual. Adanya pembatasan masalah yaitu N sehingga tidak semua parameter dari 500 parameter di dalam SWAT digunakan. Kalibrasi dilakukan melalui pengaturan dan estimasi secara manual terhadap parameter input yang bersifat sensitif. Soil and Water Assessment Tool - Calibration and Uncertainty Program atau SWAT-CUP merupakan program komputer yang digunakan dalam melakukan kalibrasi model hidrologi SWAT. SWAT-CUP memiliki empat buah program link yaitu GLUE, ParaSol, MCMC, dan SUFI2.

SWAT-CUP dapat digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas, kalibrasi, validasi, dan analisis ketidakpastian pada model hidrologi SWAT. Pada penelitian ini, digunakan metode kalibrasi SUFI2 atau Sequential Uncertainty Fitting version 2. SUFI2 merupakan metode kalibrasi di mana ketidakpastian parameter masukan SWAT-CUP dengan metode SUFI2 memiliki 3 bagian penting dalam melakukan proses kalibrasi, diantaranya adalah calibration inputs, executable file, dan calibration outputs. Calibration inputs merupakan bagian awal dari proses kalibrasi, yaitu pemasukan data. Bagian ini terdiri dari Par_inf.txt, SUFI2_swEdit.def, File.Cio, dan Absolute_SWAT_Values.txt, serta sub bagian pemasukan data, diantaranya adalah

Observation, Extraction, Objective Function, dan No Observation. Executable file merupakan bagian proses yang digunakan untuk melakukan perintah kalibrasi, bagian ini terdiri dari SUFI2_pre.bat, SUFI2_run.bat, SUFI2_post.bat, dan SUFI2_Extract.bat. Pada bagian calibration outputs dapat dilihat hasil dari proses kalibrasi yang telah dilakukan. Bagian ini terdiri dari 95ppu plot, 95ppu No Observed plot, Dotty Plots, Best_par.txt, Best_Sim.txt, Goal.txt, New_pars.txt, Summary_Stat.txt. Pemilihan parameter dilakukan berdasarkan hal-hal yang terkait dengan limpasan permukaan (surface runoff), limpasan bawah permukaan (subsurface runoff), aliran air bawah tanah (groundwater flow), struktur tanah, dan tekstur tanah

Hasil simulasi dengan metode SUFI2 yang dilakukan merupakan indikasi dari grafik luasan 95PPU (95 *Percentage Prediction Uncertainty*), sehingga diperlukan 2 pengukuran validitas lain, yaitu nilai *p-factor* dan *r-factor*. *P-factor* merupakan persentase data observasi yang bersinggungan dengan grafik 95PPU. Nilai validitas ini memberikan gambaran mengenai kemampuan hasil perhitungan melakukan pemilihan nilai, sehingga jika nilai *p-factor* mendekati 1, maka nilai validitas tersebut semakin baik, di mana model dianggap valid jika lebih dari 80% data hasil observasi berpotongan dengan luasan grafik 95PPU (*p-factor* > 0.8). Selain *p-factor*, *r-factor* merupakan nilai validitas yang perlu diperhitungkan. *R-factor* menggambarkan kualitas kalibrasi yang mengindikasikan ketebalan dari 95PPU. Nilai validitas ini dihitung berdasarkan rata-rata jarak antara nilai maksimum dan minimum 95PPU yang dibagi dengan standar deviasi data observasi, sehingga jika nilai *r-factor* mendekati 0, maka nilai semakin baik (Abbaspour, 2008).

Metode statistik yang digunakan dalam melakukan kalibrasi dan validasi adalah model koefisien determinasi (R²) dan model efisiensi Nash-Sutcliffe (NS) yang direkomendasikan oleh *The American of Civil Engineers* (Ahl et al 2008).

$$NS = 1 - \left[\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \right]$$

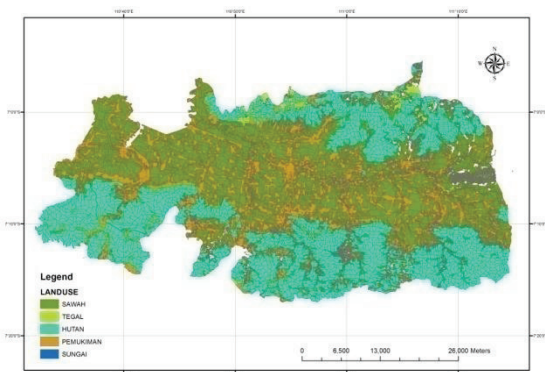
$$\sum(y-\bar{y})^2$$

Dimana y adalah pengamatan aliran air lapangan, \hat{y} aliran air dari model, \bar{y} adalah rata-rata hasil pengamatan aliran air lapangan. Efisiensi model NS ini kemudian dikelompokkan menjadi tiga kelas sebagai berikut : 1) Baik, jika $NS \geq 0,75$, 2) Memuaskan, jika $0,75 > NS > 0,36$, 3) Kurang memuaskan, jika $NS < 0,36$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penggunaan Lahan DAS Lusi

Penggunaan lahan dibuat dengan menyusun peta spasial dari data penggunaan lahan Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Grobogan dan Bappeda Kabupaten Grobogan. Data yang tersedia berupa peta spasial lahan sawah, peta spasial lahan tegal, peta spasial lahan hutan negara, peta spasial sungai, peta spasial pemukiman pedesaan dan peta spasial pemukiman perkotaan. Peta yang tersedia digabungkan dalam peta penggunaan lahan (landuse) sebagai input SWAT.



Gambar 1. Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Grobogan

Peta penggunaan lahan berbentuk peta spasial yang dibuat klasifikasi yang dikelompokkan menjadi kelompok lahan dengan tanaman (crop) dan bukan tanaman (urban). Dalam kelompok tanaman diklasifikasikan lagi menjadi hutan (forest), lahan sawah (agricultural land row crops), lahan tegal (agricultural land generic), sungai (water) dan pemukiman (urban use). Data

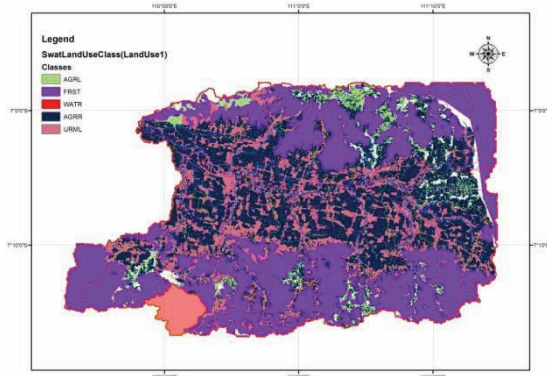
peta penggunaan lahan tersebut sudah divalidasi lokasi di tiap desa sehingga mempunyai tingkat ketelitian lebih dari 95%.

Tabel 1. Penggunaan Lahan DAS Lusi

SUB	TEGAL	HUTAN	SAWAH	RUMAH
1	2,40	95,47	124,67	51,17
2	397,69	1.082,50	1.471,95	755,21
3	0,00	0,00	262,04	51,17
4	0,00	0,00	24,73	10,99
5	126,73	641,19	674,16	75,90
6	162,79	836,26	423,80	19,92
7	18,20	0,00	94,10	0,00
8	70,75	1.232,23	1.076,32	628,48
9	90,67	2.401,96	537,47	123,64
10	0,00	0,00	268,56	175,49
11	0,00	0,00	11,68	19,92
12	0,00	0,00	85,51	103,37
13	79,68	1.281,69	1.207,85	537,81
14	672,44	1.492,56	1.025,49	133,94
15	0,00	20,95	168,63	103,37
16	2,06	147,68	1.401,20	682,74
17	73,15	0,00	429,29	87,23
18	0,00	144,58	705,41	448,52
19	9,62	0,00	157,29	60,79
20	0,00	566,66	1.368,58	728,42
21	13,39	484,93	421,73	291,92
22	115,74	62,85	932,42	137,03
23	0,00	90,67	1.517,97	888,12
24	0,00	73,15	750,06	525,45
25	0,00	928,98	1.338,35	691,67
26	214,99	3.222,77	780,96	541,94
27	246,93	1.669,77	1.872,05	856,18
28	97,53	2.219,26	493,51	306,68
29	0,00	132,56	126,38	213,96
30	88,26	2.329,16	1.402,58	937,23
31	85,17	1.553,69	259,29	435,47
32	15,80	1.893,00	1.392,62	1.208,54
33	5,15	160,04	14,42	42,59

Dari data penggunaan lahan DAS Lusi setiap subbasin terlihat bahwa lahan sawah terluas pada subbasin 27 yaitu 1.872,05 Ha, lahan hutan terluas pada subbasin 26 yaitu 3.222,77 Ha, pemukiman terluas pada

subbasin 32 yaitu 1.208,54 Ha, lahan tegal terluas pada subbasin 14 yaitu 672,44 Ha dan untuk air yang terdiri dari waduk, bendung dan sungai terluas pada subbasin 30 yaitu 53,23 Ha.



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan DAS Lusi

Peta penggunaan lahan hasil deliniasi program SWAT terbagi menjadi 5 kelas lahan dengan kode singkatan sesuai input SWAT yang terdiri dari AGRL (Agricultural Land Generic), FRST (Forest), WATR (Water), AGRR (Agricultural Land Row Crop) dan URML (Urban Residen Medium Low).

Tabel 2. Luas Landuse DAS Lusi

Landuse	Luas (Ha)	%
AGRL	6.397,89	4.14
FRST	61.194,40	39.62
WATR	1.132,93	0.73
AGRR	56.391,97	36.51
URML	29.343,34	19.00

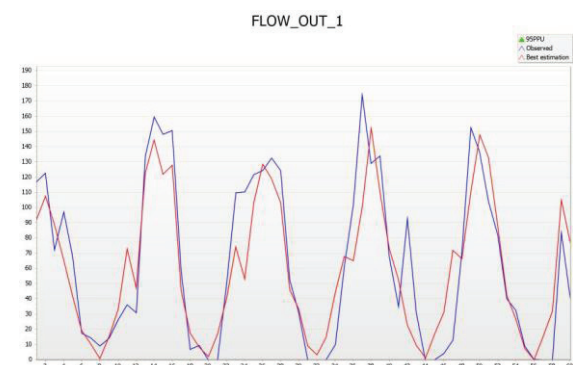
Dari Tabel 2 secara berurutan luasan penggunaan lahan pada DAS Lusi adalah lahan hutan sebesar 39,62%, lahan sawah sebesar 36,51%, lahan pemukiman sebesar 19%, lahan tegal sebesar 4,14% dan ari yang teridir dari sungai dan bendung seluas 0,73%.

B. Analisis Hidrologi

1) Simulasi dan Kalibrasi : Simulasi Model SWAT dilakukan dengan data dinamis penutup tanah pada lahan sawah dengan manajemen pertanian pola tanam padi – padi – jagung, pola tanam padi – padi – kacang hijau dan pola tanam kedelai – padi – jagung. Masing-masing pola tanam tersebut

didapatkan melalui hasil observasi dari subbasin pada DAS Lusi. Proses simulasi dimulai setelah DAS Lusi terbentuk Hidrologi Respon Unit (HRU) dan pembangkit cuaca (Weather Generator) sudah dijalankan. Proses simulasi dilaksanakan dengan rentang waktu 25 tahun, dengan pembagian 5 tahun merupakan simulasi pemanasan (warming) sedangkan 20 tahun merupakan simulasi utama.

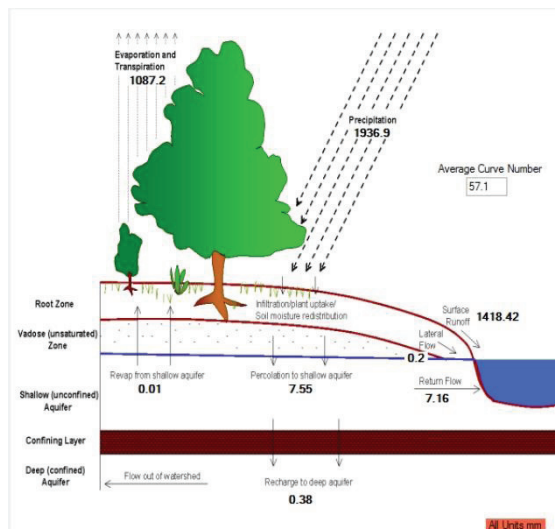
Kalibrasi dan validasi dilakukan dengan membandingkan debit bulanan DAS Lusi pada lokasi subbasin 1 yaitu outlet 1 pada Bendung Klambu dengan debit hasil pengukuran di Pos Pengukuran Bendung Klambu. Kalibrasi dengan SWAT-CUP dilakukan berdasarkan range nilai minimum dan maksimum, metode parameterisasi yang dilakukan menggunakan metode SUFI2 (Sequential Uncertainty Fitting) dengan rentang simulasi 10 tahun. Pada awal proses, dilakukan pemasukan data berdasarkan file Absolute_SWAT_Values.txt. File tersebut berguna dalam mengetahui range nilai awal yang dianjurkan. Setelah tahap iterasi pertama dilakukan, diperoleh range nilai baru yang disarankan pada new_pars.txt, yang dapat dimasukkan kembali dalam masukan parameter. Berdasarkan hasil visualisasi yang diperoleh, debit simulasi bulanan maksimum adalah sebesar 153,2 m³/dt, sedangkan debit minimum sebesar 0.15 m³/dt, serta debit rata-rata sebesar 60,17 m³/dt. Berdasarkan observasi nilai debit bulanan pada Bendung Klambu, debit maksimum yang diperoleh sebesar 175,31 m³/dt, debit minimum sebesar 0 m³/dt, serta debit rata-rata sebesar 62.76 m³/dt. Debit simulasi dan observasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Debit observasi dan Simulasi

Kalibrasi dan validasi model SWAT yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan SWAT-CUP dengan metode SUFI2 (*Sequential Uncertainty Fitting*). Hasil kalibrasi dengan data debit bulanan observasi 2010, 2011, 2012, 2013 dan 2014 menghasilkan nilai validitas p-factor sebesar 0.17, *r-factor* sebesar 0.00, R2 sebesar 0,79, dan NS sebesar 0,78.

2) *Analisis Hidrologi* : Pada tahap ini dilakukan proses visualisasi hidrologi pada DAS Lusi meliputi curah hujan tahunan, aliran air permukaan, aliran air tanah dangkal, air tanah, air dari tanaman, pengisian air tanah dalam, total pengisian air tanah, total produksi air, penguapan, kehilangan air dalam perjalanan, dan total sedimen yang masuk.



Gambar 4. Hidrologi DAS Lusi

Dari gambar 4 visualisasi terlihat bahwa dari curah hujan tahunan 1.936,90 mm, menjadi aliran permukaan (runoff) sebesar 1.418,42 mm, hal ini karena Curve Number (CN) tanah sebesar 57,1 yang dapat diartikan tanah di DAS Lusi sangat kurang untuk meresapkan air ke dalam tanah. Hal ini juga dapat dilihat kecilnya air yang meresap ke dalam ground water yaitu 7,55 mm dan hanya 0,35 mm yang masuk ke air tanah dalam. Penguapan tinggi sebesar 1.087,2 mm karena sebagian besar DAS Lusi berupa lahan sawah yang mengakibatkan mudah terjadi penguapan.

Hidrologi rata-rata bulanan jumlah curah hujan bulanan dan rata-rata jumlah runoff bulanan tertinggi pada bulan dua

(Pebruari) sebesar 304,60 mm dan surface runoff 245,32 mm. Rata-rata jumlah curah hujan dan rata-rata jumlah surface runoff terendah pada bulan delapan (Agustus) yaitu 20,39 mm dan surface runoff sebesar 5,82 mm.

Tabel 3. Data Hidrologi Rata-rata Bulan

MO N	RAIN (mm)	SURF Q (mm)	WYIEL D (mm)	ET (mm)
1	256.7 7	204.00	203.76	112.3 9
2	304.6 0	245.32	245.09	102.8 1
3	268.4 1	222.48	222.41	118.3 9
4	234.8 5	160.26	160.24	109.0 5
5	149.9 6	105.54	105.88	97.62
6	74.64	54.36	54.66	81.68
7	37.64	22.95	23.22	58.73
8	20.39	5.82	6.05	50.12
9	24.32	30.07	30.17	67.05
10	108.7 9	80.34	80.13	85.34
11	213.8 1	152.71	152.31	99.42
12	250.5 6	140.90	140.63	107.2 8

3. Kesimpulan

Aliran air permukaan (runoff) sangat tinggi yaitu dari curah hujan tahunan 1.936,90 mm, menjadi aliran permukaan (runoff) sebesar 1.418,42 mm, hal ini karena Curve Number (CN) tanah sebesar 57,1 yang dapat diartikan tanah di DAS Lusi sangat kurang untuk meresapkan air ke dalam tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbaspour K.C, 2015. SWAT-CUP : SWAT Callibration and Uncertinty Programs – A User Manual. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.
- Ahl RS, Woods SW and Zuurig HR. 2008. *Hydrologic Calibration and Validation of SWAT in A Snow-Dominated Rocky Mountain Watershed, Montana, USA*. Journal of The American Water Resources Association. 44 (6). 1411.
- Arabi, M., R. S. Govindaraju, M. M. Hantush, and B. A. Engel. 2006b. Role of watershed subdivision on modeling the effectiveness of best management practices with SWAT. *J. American Water Resour. Assoc.* 42(2): 513-528.
- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air, Serial Pustaka, IPB Press , Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Agroklimat dan Hidrologi (BP2SAH) dan Bagian Proyek Pembinaan Perencanaan Sumber Air Ciliwung - Cisadane, 2004*. Laporan Akhir Pengembangan Teknologi Dam Parit untuk Penanggulangan Banjir dan Kekeringan. Balai Agroklimat dan Hidrologi. Bogor.
- Alaerts, G. 1986. Metode Penelitian Air. Usaha Nasional. Surabaya
- Asdak, C. 1995. *Tenknologi Konservasi Tanah dan Air*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Barlund, I., T. Kirkkala, O. Malve, and J. Kamari. 2007. Assessing the SWAT model performance in the evaluation of management actions for the implementation of the Water Framework Directive in a Finnish catchment. *Environ. Model. Soft.* 22(5): 719-724.
- Behera, S., and R. K. Panda. 2006. Evaluation of management alternatives for an agricultural watershed in a sub-humid subtropical region using a physical process model. *Agric. Ecosys. Environ.* 113(1-4): 62-72.
- Bouraoui, F., L. Galbiati, and G. Bidoglio. 2002. Climate change impacts on nutrient loads in the Yorkshire Ouse catchment (UK). *Hydrol. Earth System Sci.* 6(2): 197-209
- Bracmort, K. S., M. Arabi, J. R. Frankenberger, B. A. Engel, and J. G. Arnold. 2006. Modeling long-term water quality impact of structural BMPs. *Trans. ASABE* 49(2): 367-374.
- Chaplot, V. 2005. Impact of DEM mesh size and soil map scale on SWAT runoff, sediment, and NO₃-N loads predictions. *J. Hydrol.* 312(1-4): 207-222.
- Cheng, H., W. Ouyang, F. Hao, X. Ren, and S. Yang. 2006. The nonpoint-source pollution in livestock-breeding areas of the Heihe River basin in Yellow River. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*
- Du, B., A. Saleh, D. B. Jaynes, and J. G. Arnold. 2006. Evaluation of SWAT in simulating nitrate nitrogen and atrazine fates in a watershed with tiles and potholes. *Trans. ASABE* 49(4): 949-959.
- Effendi H. 2003. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius
- Grizzetti, B., F. Bouraoui, and G. De Marsily. 2005. Modelling nitrogen pressure in river basins: A comparison between a statistical approach and the physically-based SWAT model. *Physics and Chemistry of the Earth* 30(8-10): 508-517.
- Grunwald, S., and C. Qi. 2006. GIS-based water quality modeling in the Sandusky watershed, Ohio, USA. *J. American Water Resour. Assoc.* 42(4): 957-973
- Hanratty, M. P., and H. G. Stefan. 1998. Simulating climate change effects in a Minnesota agricultural watershed. *J. Environ. Qual.* 27(6): 1524-1532.
- Jha, M., P. W. Gassman, and J. G. Arnold. 2007. Water quality modeling for the Raccoon River watershed using SWAT2000. *Trans. ASABE* 50(2): 479-493

- Neitsch S.L, J. G. Arnold, J.R, Kiniri, and J. R. Williams. 2011. Soil and Water Assessment Toos Theoretical Documentation Version 2009 . Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406. Texas A&M University System College Station, Texas 77843-2118.
- Saleh, A., and B. Du. 2004. Evaluation of SWAT and HSPF within BASINS program for the upper North Bosque River watershed in central Texas. *Trans. ASAE* 47(4): 1039-1049.
- Tripathi, M. P., R. K. Panda, and N. S. Raghuwanshi. 2003. Identification and prioritisation of critical sub-watersheds for soil conservation management using the SWAT model. *Biosys. Eng.* 85(3): 365-379
- White, K. L., and I. Chaubey. 2005. Sensitivity analysis, calibration, and validations for a multisite and multivariable SWAT model. *J. American Water Resour. Assoc.* 41(5): 1077-1089.

PENGARUH TERAPI SUPORTIF-SUGESTIF TERHADAP PENURUNAN KECEMASAN PADA PASIEN GANGGUAN SENSORI PERSEPSI (HALUSINASI)

Taryatmo ^{a*}

ABSTRACTS

The effect of supportive-suggestive therapy on the decline of anxiety' hallucinations. Background, the impact of the development of science and technology is not always considered positive, particularly concerning the multidimensional crises that trigger the occurrence of anxiety, stress and mental disorders. Objective, to evaluate the supportive-suggestive therapy in order to form autosuggestion through normal behavior. Method, a quasi-experimental of non-equivalent control group design (*pre-test* and *post-test*). Respondents are determined by using consecutive sampling, 46 patients with hallucinations anxiety, at the Regional Mental Hospital of DR. Amino Gondohutomo Semarang. Research began from December 24, 2014 to March 24, 2015. Results, the measurement of anxiety adopts the Hamilton Anxiety Rating Scale (*HARS-A*) of the Indonesian version. Result; The action research applies Mann-Whitney's statistical test that shows the different *p value* of 0.001, meaning *Ho* is rejected and *Ha* is accepted. Conclusion, the rejection of *Ho* means *Ho* is inferencetial statistically for generalize is correct. Hence, the supportive-suggestive therapy is significant to reduce anxiety in patients with hallucinations.

Key words: Autosuggestion, Normal behavior, Supportive-suggestive therapy, Anxiety in patients with hallucination.

* Taryatmo, Dosen Prodi Keperawatan Blora Poltekkes Kemenkes Semarang

^a taryatmorenan@yahoo.co.id

Latar Belakang

Insidens Gangguan jiwa berat di dunia WHO (2013): 1 per 10.000 orang penduduk, di Indonesia Riskesdas (2013) psikosis 1,7 perseribu penduduk dan di Jawa Tengah sebesar 2,3 perseribu penduduk. Gangguan emosional di Jawa Tengah sebesar 4,7%, sedangkan jumlah pasien halusinasi opname di RSJD Amino Gondohutomo Semarang rata-rata perbulan tahun 2013 sebanyak 298 pasien

Kecemasan selama ini dipahami sebagai bagian dari proses pertumbuhan dan perkembangan, gejala penyakit atau juga sebagai penyakit jiwa. Halusinasi menjadi faktor predominan, dianggap sebagai gejala penyakit jiwa dan diagnosis keperawatan

jiwa, sehingga dalam penelitian ini keduanya diasumsikan sebagai gejala dan sekaligus penyakit jiwa itu sendiri. Kecemasan pada pasien halusinasi sebagai fenomena yang selama ini belum pernah teramati menarik untuk diteliti sebab keduanya *disability* bagi pasien, sulit sembuh, dan rehospitalisasi karena kambuh, dalam keseharian bersifat *non disability* di masyarakat^(1,2).

Tinjauan penelitian dari sisi vokasi meskipun belum diketahui landasan biopsikopatogenesisnya, hal ini perlu dengan tujuan menciptakan terapi yang dapat dilakukan pasien sendiri dibantu orang yang memiliki kedekatan dengannya. Penelitian ini untuk mengevaluasi pengaruh terapi suportif-sugestif terhadap penurunan kecemasan pada

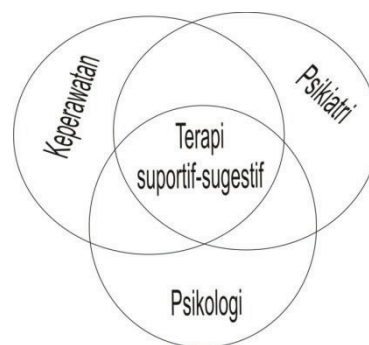
pasien halusinasi, caranya dengan mempertahankan perilaku normal guna membentuk autosugesti untuk autoterapi. Otoritas kenormalan pasien ditempatkan pada kerangka perilaku yang tidak merugikan diri sendiri maupun orang lain, sehingga menjadi kendali normal yang berfungsi *problem solving* menjadi penguat tunggal, dan memenuhi unsur bio-psiko-sosial-spiritual-edukasional yang substantif dan efisien untuk perbaikan cara adaptasi ⁽³⁾. Rancangan penelitian ini untuk pembuktian ilmiah penemuan kebenaran yang diawali dari temuan kebenaran non ilmiah, baik dari sisi tindakan terapi dan materi subjek kecemasan pada pasien halusinasi.

Landasan filosofis terapi suportif-sugestif dalam menangani abnormalitas pasien adalah filsafat realitas-objektif, dengan analisis intensional bahwa realitas adalah eksternal, sehingga segala sesuatu bersifat eksternal bagi yang lain dan bersifat objektif meskipun dari hal yang abstrak. Dasar pertimbangan penalaran ilmiah yang berhubungan dengan sakit jiwa secara logis bahwa jika seseorang perilakunya normal berarti tidak sakit jiwa. Dengan demikian secara ontologis bahwa fenomena munculnya terapi suportif-sugestif aksiologisnya tampak pada relevansi akan keberadaan dan fungsi terapi untuk mengatasi materi subjek kecemasan pada pasien halusinasi. Pasien mensupport and mensuggesti dirinya sendiri dengan menggunakan pengalaman positif setiap tampilan perilaku normal, sebab rutinitas kenormalan berfungsi efektif untuk perbaikan cara adaptasi, dan hal ini telah ditunjukkan secara eksplisit terbukti pada hasil penelitian ^(4,5).

Penegasan pemikiran realitas adalah eksternal maka tidak ada pengetahuan yang ada hanya sensasi sebagai salinan dari pengalaman yang terbentuk secara kebetulan karena pikiranpun bersifat eksternal, dan hal ini menjadi keberuntungan bagi individu sehingga dapat merencanakan untuk pembelajaran selanjutnya. Dengan demikian maka penyakit jiwa dapat dicegah dan disembuhkan melalui pembelajaran pengelolaan setiap pengalaman dari pasien sendiri, agar membentuk sensasi positif dalam

ujud autosugesti dengan segala dampak autoterapinya, alur pemikiran inilah yang dimaksud menghadirkan realitas kepada pasien guna membangun cara adaptasinya dalam proses pertumbuhan, perkembangan yang positif sepanjang hayat agar tidak terjebak ke suasana non realistik maupun psikotik ^(3,4).

Terapi suportif-sugestif yang secara paradigmatis dibangun dari afiliasi ilmu keperawatan, psikiatri dan psikologi. Ilmu keperawatan pendekatannya dengan prinsip keseimbangan bio-psiko-sosial-spiritual. Psikologi sebagai landasan tindakan psiko-edukatif menerapkan keseimbangan tiga wilayah ontis meliputi, pertama; Ontis ideal yaitu wilayah yang banyak dikuasai kelima unsur konsep diri. Kedua wilayah ontis real yang berisi hukum, aturan dan norma yang berlaku di masyarakat baik tertulis maupun tidak tertulis. Ketiga wilayah ontis Ilahi, yaitu suasana kehidupan dengan latar belakang kehidupan spiritual. Psikiatri sebagai dasar teori yang memiliki kemiripan dari sisi psikopatogenesis kecemasan pada pasien halusinasi.



Gambar 1. Paradigma Terapi Suportif-Sugestif

Filsafat digunakan untuk telaah kebenaran serta efisiensi tindakan terapi suportif-sugestif terhadap materi subjek, dengan alasan secara filosofis bahwa orang sakit jiwa kehilangan salah satu unsur aksiologisnya yaitu; Unsur etik, estetik, logik atau unsur spiritual ^(1,3).

Adaptasi pasien skizofrenia mengalami regresi kearah infantil tampak dari kesan-kesan psikiatris yang ditunjukkan sebagai upaya untuk mencari permulaan baru menyimpang dan tidak realistis, maka hal ini harus diarahkan agar tidak terpuruk menjadi psikotik. Pasien harus dipacu agar tetap realistis, tidak pemalas, tidak bosan dan tidak mudah putusasa melalui normalitas perilaku. Penelitian mengutamakan tindakan untuk terapi dari pada biopsikopatogenesisnya dengan pertimbangan melakukan korespondensi dan berepistemologi, dimana aksiologinya adalah pasien mampu mendapatkan kembali nilai kesehatan jiwa serta realitas hidup melalui perbaikan cara adaptasi ke arah yang positif^(1,3,6,7).

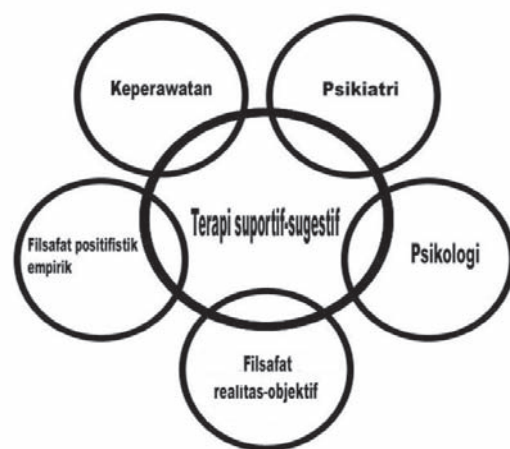
Metode Penelitian

Jenis studi eksperimen, menggunakan desain “*quasi-eksperimental nonequivalent (pre-test, and post-test) control-group design*”. Dilaksanakan dari tanggal; 24 Desember 2014 sampai tanggal 24 Maret 2015, di Rumah Sakit Jiwa Daerah DR. Amino Gondohutomo Semarang^(2,6,7). Pendataan memakai *kuesiner Hamilton anxiety rating scale (HARS-A)*, versi bahasa Indonesia⁽⁶⁾, dan pengambilan data dibantu empat orang enumerator. Penghitungan jumlah sampel dengan rumus uji hipotesis dua proporsi dua kelompok independen, sebanyak 23 responden dari tiap kelompok baik perlakuan maupun kontrol, sehingga total minimal sampel sebanyak 46 pasien dengan teknik *consecutive sampling*⁽²⁾.

Penelitian menerapkan enam langkah tindakan terapi suportif-sugestif selama tiga minggu masa hospitalisasi, terdiri dari empat sesi terapi individu selama 15 -20 menit persesi, dan dua sesi terapi kelompok selama 30 menit persesi untuk mencapai empat jenis keterampilan klien. langkah pertama untuk penerimaan diri sebagai pijakan tindakan selanjutnya. Kedua tentang perlunya perilaku normal, ketiga untuk perbaikan adaptasi secara sosial. Langkah ke-empat untuk penerimaan dan pelaksanaan terapi suportif-sugestif agar efektif. Dua langkah yaitu sesi

kelima dan enam sebagai tambahan untuk penguatan.

Sebelum penelitian, dilakukan uji validitas intervensi terapi suportif-sugestif, dengan cara megimplentasikan teknik terapi suportif-sugestif kepada 20 subjek dilingkungan sosial kemasyarakatan yang sama. Data yang diperoleh dianalisa menggunakan uji *ststistic t-tets* menunjukkan hasil dengan signifikansi nilai $p = 0,000$. ($<0,005$). Berarti H_0 ditolak dan H_a diterima, yang artinya verifikasi induktif terapi suportif-sugestif berpengaruh positif terhadap penurunan kecemasan pada pasien gangguan sensori persepsi (halusinasi). Hasil uji validitas intervensi menunjukkan penelitian dapat dilanjutkan untuk mengetahui efek dari terapi pada responden yang lebih luas^(2,3,7).



Gambar 2. Metodologi cara mempelajari terapi suportif-sugestif

1. Filsafat positivistik empirik sebagai landasan penelitian kuantitatif
2. Filsafat realitas-objektif untuk landasan pendekatan terapi suportif-sugestif dengan cara menghadirkan realitas pada pasien, agar bersikap positif dan realistis

3. Afiliasi tiga bidang keilmuan terkait, yaitu keperawatan, psikologi dan psikiatri
4. Terapi suportif-sugestif dilakukan dengan cara mempertahankan perilaku normal untuk mengembalikan sehat jiwanya, dengan logika yang sederhana, bahwa jika berperilaku normal berarti tidak sakit jiwa.

Hasil Dan Pembahasan

Kesimpulan hasil penelitian melalui verifikasi pada 46 data sampel dengan analisis unvariat menunjukkan perubahan cukup signifikan, yaitu pada data cemas tingkat sedang kelompok perlakuan semula tujuh menjadi dua, berarti membaik sebesar 71,42%. Kelompok kontrol, tingkat cemas sedang yang semula enam menjadi 11, berarti memburuk sebesar 83,33%. Jadi terapi suportif-sugestif dapat digunakan untuk merangsang pembentukan autosugesti dan berfungsi efektif untuk menurunkan tingkat kecemasan pada pasien halusinasi ^(2,6).

Analisis hasil penelitian, perbedaan tingkat kecemasan kelompok perlakuan dan kelompok kontrol, dengan uji *ststistic Mann-Withney* didapatkan hasil beda nilai $p = 0,001$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Uji statistik untuk verifikasi selanjutnya melalui *delta/selisih mean* untuk mewakili kelompok data ($n=23$) dari *central tendency*, sebelum (pre test) dan sesudah (post test), setelah tiga minggu pengamatan kegiatan penelitian pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol didapatkan nilai $p = 0.000$ ($p < 0.05$). Dapat diartikan ada perbedaan yang bermakna pada tingkat kecemasan antara kelompok perlakuan dibanding kelompok kontrol, hal ini menunjukkan teori terapi suportif-sugestif dengan cara mempertahankan perilaku normal, sudah sesuai terhadap materi subjek, yaitu populasi kecemasan pada pasien halusinasi ^(2,3,4,7).

Hasil analisis univariat dan bivariat menjelaskan bahwa hipotesis penelitian sebagai kesimpulan deduktif yang apriori,

setelah diverifikasi secara induktif pada data sampel menunjukkan *independently testiable and group* secara *explicanda* terpenuhi benar. Terapi suportif-sugestif sebagai suatu fenomena yang selama ini belum teramati, membuktikan kebenaran akan keberadaan serta fungsinya berpengaruh signifikan terhadap penurunan kecemasan pada pasien halusinasi. Pengaruh terapi terhadap penurunan kecemasan memiliki hubungan yang relevan bahwa kendali normal secara empirikal berfungsi sebagai *complementary treatment* pada saat kritis dan dapat dijadikan terapi alternatif setelah skizofrenia mereda ^(1,3,7).

Perubahan ilmu dilihat dari pertumbuhan dan perkembangannya, maka kecemasan pada pasien halusinasi seharusnya diungkap biopsikopatogenesisnya melalui pemaknaan untuk dasar tindakan terapi ^(2,3), karena keberhasilan ini belum didasari pembahasan teori yang lengkap. Penelitian yang sesuai untuk dukungan terapi tersebut, berjudul "*eksotisme terapi spiritual*" ⁽⁸⁾, menyimpulkan terapi spiritual memiliki kekuatan sugesti. Penelitian "*Filsafat moral Ibn Hazm Dalam kitab Al-Akhlaq was-Siyar fi Mudawati-n-Nufus*" ⁽⁹⁾. Menekankan bahwa tujuan utama hidup manusia adalah usaha untuk menghilangkan kecemasan (thard al-hamm) dan seharusnya bersikap moderat dengan tujuan akhirnya adalah kebahagiaan ukrowi melalui ketaatan terhadap norma-norma agama.

Pengalaman positif kendali normal membentuk sensasi dalam bentuk autosugesti dan berfungsi autoterapi, sehingga berdampak pada perbaikan penampilan perilaku selanjutnya untuk membangkitkan kehendak, penalaran, percaya diri serta rencana agar peduli, guna membantu penerimaan diri, agar dapat memperkuat konsep diri, membangun daya bangkit diri, daya arah diri dan mencapai aktualisasi diri ^(3,4,5). Hal ini sesuai dengan penelitian dalam "*research in psychotherapy journal*, berjudul; *Supportive psychotherapy and defence mekanisme: a comment on the*

case of matilde"⁽¹⁰⁾. Hasil penelitian dapat menunjukkan bahwa penerimaan diri dan mekanisme pembelaan yang matang dapat memberikan dampak penyelesaian masalah utama yang memuaskan.

Normalitas perilaku dapat menguntungkan *therapies* dan pasien karena kedua belah pihak dalam kendali normal yang dapat berfungsi untuk menekan efek tandingan. Penelitian yang sesuai; *Era baru kesehatan mental Indonesia: "Sebuah Kisah dari Desa siaga Sehat Jiwa (DSSJ) di Desa Selomartini"*⁽¹¹⁾. Menyatakan bahwa penanganan kesehatan mental berbasis komunitas menjadi pilihan yang lebih efektif dan efisien. Kenormalan tindakan terapi dilakukan pada lingkungan asli dalam kehidupan sehari-hari untuk kesembuhan secara alami.

Perkembangan selanjutnya agar pasien menyadari bahwa realitas hidupnya yang cacat, retak dan ketidaknormalan tersebut merupakan hal yang harus diselesaikan dengan menggunakan kepedulian akan kemampuan pasien sendiri. Emosi dan motif kejernihannya harus dibedakan karena hendra yang berarti defisit unsur motif (tidak ada ide), maka pasien harus dirangsang dengan muatan realitas untuk membangun persepsinya agar realistis. Efek yang terjadi setelah pengkondisian normatifnya menguat maka hilangnya stimulus cemas memunculkan penjaminan perilaku kontrol pasien terhadap halusinasi, hal ini mencerminkan terbentuknya autosugesti dan berfungsi sebagai autoterapi.

Keanehan perilaku pasien sebenarnya merupakan reaksi emosional dalam bentuk kecemasan menghindari dari realitas dan masuk ke alam bawah sadar, selanjutnya terjebak ke kondisi psikotik⁽¹²⁾. Pada akhirnya pasien menyerah kedalam ketidakberdayaan, sehingga untuk menekan perasaan ketidaknyamanan dan mengendalikannya dengan cara yang tidak realistis, yang menjelma dalam bentuk kesulitan membedakan antara khayalan, bayangan dan

kenyataan. Selanjutnya dia berubah seolah-olah diluar kemampuan kendali dirinya sendiri. Bagi nalar sehat kesemuanya itu pembohongan atas dirinya sendiri namun pasien tidak mampu menolaknya karena dihayatinya secara salah tentang apa yang dialami, artinya masalah yang seharusnya diselesaikan, dinikmati meskipun tidak realistis^(1,3,12).

Pertimbangan dari peneliti diperlukan perbaikan karakter untuk menekan dominasi temperamen dan emosional sehingga meskipun secara genetis ada kemungkinan sifat yang diwariskan dari orang tua, namun perbaikan pola adaptasi melalui *character building* dapat digunakan untuk pengendalian dan pencegahan penyimpangan perilaku, jika pasien sudah memiliki cukup kekuatan, kesanggupan dan pengetahuan akan hal ini. Diperlukan pembuktian melalui penelitian secara ilmiah tentang kendali normal menjadi penguat tunggal karena bersifat multidimensi dan esensial serta unsur psikodinamikanya memenuhi aspek bio-psiko-sosial-spiritual-dukasional sehingga bersifat substantif, efektif dan efisien.

Manfaat teoritisnya dapat menjadi masukan yang mendasari penelitian untuk pertumbuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan dalam arti *progress*, dengan kemungkinan penelitian pada kasus sejenis yang melibatkan keluarga. Fokus penelitian lain terutama pada kecemasan tingkat sedang, sebab kesadarannya mulai membaik sehingga kemungkinan keberhasilan terapi suportif-sugestif cukup tinggi, tetapi jika pengetahuan terhadap kecemasan dan halusinasi tidak memadai dapat memburuk kearah cemas tingkat berat atau bahkan menjadi sangat berat karena adaptasi dan reaksi pembelaannya tidak tepat.

Keterbatasan penelitian, pertama karena *biopsikobiological plausibility* belum lengkap. Kedua, adanya kesulitan pendefinisian pengertian perilaku normal yang dapat memenuhi tuntutan dari berbagai sudut pandang, kepentingan dan tujuan yang

berbeda, padahal definisi normal menjadi tuntutan untuk acuan terapi. Pandangan filsafat orang sakit jiwa mengalami ketertinggalan atau kehilangan salah satu unsur dalam aksiologinya, yaitu; etik, estetik, logik dan spiritual, maka keempat unsur tersebut dapat dijadikan acuan normalitas perilaku, dan juga dapat dipakai sebagai acuan untuk kenormalan guna memperoleh kesembuhan.

Penelitian ini memiliki novelty ataupun keterbaruan karena belum pernah dilakukan penelitian sebelumnya dan tidak ada *conflict of interest*. Berkaitan dengan temuan kebenaran non ilmiah yang kesimpulannya dalam bentuk asumsi atau suatu solusi, maka hal ini digunakan untuk bahan tentatif analisis bahwa suportif-sugestif dapat berfungsi sebagai terapi untuk menurunkan kecemasan pada pasien halusinasi. Selanjutnya menjadi diagnosis situasional terhadap fenomena yang diangkat dari fakta, kemudian dilakukan verifikasi dalam bentuk hipotesis yang hasilnya secara eksplisit telah ditunjukkan pada hasil penelitian. Sesuai pengalaman terapi suportif-sugestif sulit diterapkan pada pasien dengan latar belakang gangguan kepribadian antisosial dan kemungkinan akan membutuhkan waktu relatif lama.

Simpulan

Pertama, analisis unvariat menunjukkan perubahan yang signifikan pada cemas tingkat sedang yaitu, kelompok perlakuan membaik dari tujuh menjadi dua pasien (71,42%), sebaliknya pada kelompok kontrol memburuk dari enam menjadi 11 pasien (83,33%). Kedua, analisis bivariat dengan uji statistik *Mann-Whitney*, mendapatkan hasil beda nilai $p = 0,001$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Ketiga, analisis statistik melalui *delta/selisih mean* untuk mewakili kelompok data ($n=23$) dari sisi *central tendency* pada pre test dan post test, setelah tiga minggu pengamatan penelitian didapatkan nilai $p = 0.000$ ($p < 0.05$).

Tiga analisis uji statistik tersebut menunjukkan ada perbedaan bermakna pada tingkat kecemasan antara kelompok perlakuan dibanding dengan kelompok kontrol. Dengan demikian simpulannya bahwa terapi suportif-sugestif berpengaruh signifikan terhadap penurunan kecemasan pada pasien halusinasi, jadi teori terapi sudah andal dan memiliki kesesuaian akan keberadaan dan fungsinya terhadap fakta sebagai materi subjek yaitu kecemasan pada pasien halusinasi ^(2,3,4,7).

Glosari

Kendali normal, adalah seperangkat perilaku normal sebagai presentasi penguat tunggal yang memenuhi unsur bio-psiko-sosial-spiritual dan edukasional, yang bersumber dari norma yang berlaku dimasyarakat, bahkan perilaku normal merupakan proposisi dari konsep manusia.

Pustaka

- [1] Doenges M.E, Townsend M.C. and Moorhause M.F. *Rencana Asuhan Keperawatan Psikiatri*. Alih Bahasa Laili Mahmudah, S.Kp. EGC. Jakarta. 2007.
- [2] Sastroasmoro S, dan Ismael S. *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis*. Bina Putra Aksara. Jakarta. 2011.
- [3] Skinner B.F. *Ilmu Pengetahuan dan Perilaku Manusia*. Alih Bahasa Maufur, MA. Pustaka Pelajar. Yogyakarta. 2013.
- [4] Durant W. *The Story Of Philosophy*. The Pocket Library, New York, 1954.
- [5] Greenwood J. D. *A conceptual history of psychology*. Mc Graw Hill Companies. New York. 2009.
- [6] Hawari D. *Psikometri Alat Ukur (Skala) Kesehatan Jiwa*. Penerbit FKUI. Jakarta. 2009.
- [7] Cambell D.T, Stanley J.C. *Experimental and qusi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin Company. Boston. USA.
- [8] Yusuf N. R. *Eksotisme terapi spiritual*. Jiwa Majalah Psikiatri. Yayasan

- Kesehatan Jiwa Dharmawangsa. Tahun XXXIX No 1. ISSN. 0303.7991. Jakarta. Januari 2006. 1
- [9] Arafat A.T. *Filsafat moral Ibn Hazm Dalam kitab Al-Akhlaq was-Siyar fi Mudawati-n-Nufus*. Jurnal Analisa, Volume 20, No. 01, 2013, ISSN NO. 1410 – 4350 Jurnal Analisa, Vol: 20, No: 1, Semarang, Juni 2013.
- [10] Petralgia J. *Supportive psychotherapy and defence mekanisme: a comment on the case of matilde*. Research in psychotherapy journal 2011; 14(2): 43-51. Available from: www.researchinpsychotherapy.net.
- in psychotherapy.net. McGill University. Canada. 28 Juli 2011.
- [11] Putri A. S, Aritisna M. A, Afrina E. S, Sagala B. R, Erawan G. N, Yana I. P. A. *Era baru kesehatan mental Indonesia: Sebuah kisah dari desa siaga sehat jiwa (DSSJ) di Desa Selomartini*. Jurnal Psikologi Fakultas psikologi Universitas Gajah Mada Yogyakarta, volume 40. no: 2. 127 – 262. Desember 2013. ISSN No: 0215 – 8884. DIKTI No. 66b/DIKTI/Kep./2011.
- [12] Lubis D.B. *Mengerti yang menyembuhkan*. Alta Pustaka. Dioma. Malang. 2011.

Analisis Keanekaragaman Diatom Epipelik Pada Ekosistem Mangrove Muara Sungai Banjir Kanal Timur Semarang

Hernur Yoga Priyambodo^{1, a *}, Tri Retnaningsih Soeprbowati^{1, b} dan Sri Widodo Agung Suedy^{1, c}

¹Magister Biologi Universitas Diponegoro (UNDIP), Jl. Prof. Soedarto SH Tembalang Semarang

^ahernuryoga@gmail.com, ^btrsoeprbowati@yahoo.co.id, ^cagung.suedy@gmail.com

* Tandai penulis penanggung jawab dengan bintang

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji keanekaragaman diatom epipelik pada muara sungai Banjir Kanal Timur Semarang. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel sedimen pada bagian bermangrove kemudian dilakukan pembuatan preparat diatom epipelik di dalam laboratorium. Preparat diatom diamati dan dilakukan identifikasi jenis – jenis diatom epipelik yang ada. Data hasil identifikasi kemudian dilakukan analisis indeks keanekaragaman *Shannon – Wiener*, indeks perataan jenis *Evennes*, dan indeks dominansi *Simpson*. Hasil identifikasi diperoleh 39 spesies diatom epipelik dan didapatkan delapan spesies dengan kelimpahan relatif tinggi yaitu *Asterionella formosa*, *Asteromphalus sp.01*, *Aulacoseira ambigua*, *Cocconeis pediculus*, *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Diploneis smithii* dan *Grammatophora sp.01*. Nilai indeks keanekaragaman terendah yaitu 0,82 dan tertinggi 1,59. Sedangkan nilai indeks perataan jenis terendah adalah 0,33 dan tertinggi 0,55. Nilai indeks dominansi terendah yaitu 0,09 dan nilai tertinggi 0,24. Berdasarkan satuan indeks yang digunakan nilai – nilai indeks hasil analisis data tergolong sedang yang menunjukkan ekosistem muara sungai Banjir Kanal Timur sedang mengalami gangguan.

Kata kunci : Diatom Epipelik, Banjir Kanal, Mangrove, Muara Sungai

Latar belakang

Muara sungai merupakan daerah transisi antara sungai dan lautan, yang dipengaruhi banyak variabel lingkungan dan terutama keadaan hidrologi, morfologi, dan kondisi kimia. Akibat dari keadaan tersebut organisme di daerah muara hidup dalam tekanan kondisi lingkungan yang menimbulkan pola distribusi tertentu [11]. Kondisi lingkungan yang dimaksud dapat berupa salinitas, proses disposisi sedimen, arus, kekeruhan dan biogeokimia sedimen [18].

Akibat dari kondisi lingkungan yang senantiasa berubah muara sungai rawan mengalami kerusakan. Meskipun muara sungai didukung oleh laut didekatnya. Muara sungai memiliki keterbatasan dalam menerima tekanan lingkungan. Berbeda dengan kawasan laut yang lebih toleran [17].

Mangrove pada muara sungai tidak berdiri sendiri. Namun, banyak organisme yang hidup di dalamnya termasuk diantaranya diatom epipelik. Diatom epipelik hidup di dalam sedimen yang terdapat pada ekosistem perairan. Diatom dikenal sebagai spesies yang sensitif terhadap perubahan lingkungan, perubahan kecil pada faktor lingkungan dapat berpengaruh terhadap keragaman dan penyebaran serta bentuk morfologinya di perairan [21].

Gangguan yang terjadi pada ekosistem mangrove akan mempengaruhi komunitas diatom epipelik yang ada sebagai cerminan perubahan lingkungan yang terjadi. Melalui penelitian laboratorium hal tersebut terbukti bahwa spesies diatom yang berbeda memiliki toleransi yang berbeda terhadap salinitas, konsentrasi nutrien, suhu dan ketersediaan cahaya [11].

Diatom banyak digunakan sebagai bioindikator lingkungan sebab hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya. Hal ini berkaitan dengan tingginya kelimpahan dan keanekaragaman spesies diatom di alam, oleh karena itu diatom tersebar hampir di tiap lingkungan akuatik [20]. Oleh karena itu diatom epipelik dinilai sesuai untuk mengetahui gangguan yang terjadi pada mangrove pada muara sungai Banjir Kanal Timur.

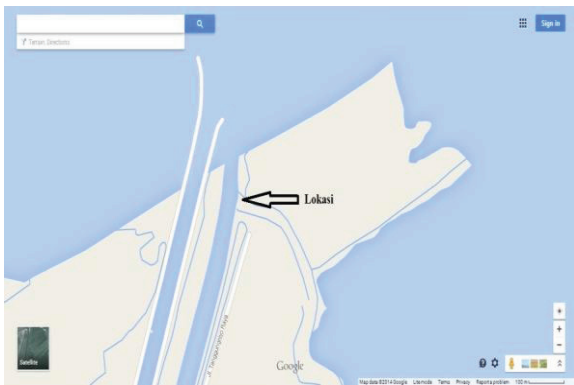
Pada tahun sebelumnya telah dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana pengaruh pasang surut terhadap keragaman diatom epipelik yang ada. Ekosistem mangrove pada muara sungai Banjir Kanal Timur berdasarkan komposisi diatom epipeliknya dipengaruhi oleh masukan air tawar [9]. Tahun selanjutnya yaitu tahun 2014 dilakukan penelitian untuk mengetahui status muara sungai Banjir Kanal Timur Banjir Kanal Timur tercemar oleh deterjen dan termasuk dalam kategori α -Mesosaprobik/perairan tercemar cukup berat berdasarkan analisis fitoplanktonnya [24].

Penelitian ini ditujukan tidak hanya untuk mengetahui status pencemaran maupun pengaruh pasang surut saja. Karena masih terlalu dini untuk mengatakan adanya pencemaran pada muara sungai Banjir Kanal Timur. Melalui analisis keanekaragaman dan pemerataan diatom epipelik diharapkan dapat diketahui terjadinya gangguan pada muara sungai Banjir Kanal Timur baik pada masa lalu maupun masa sekarang. Kompleksitas indeks Keanekaragaman dan pemerataan tidak hanya menunjukkan keadaan diatom epipelik. Namun lebih jauh dapat digunakan untuk mengetahui seberapa berat gangguan yang terjadi pada muara sungai Banjir Kanal Timur.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2014 hingga Juni 2015. Pengamatan sampel sedimen dilakukan di laboratorium Ekologi dan Biosistematik FSM Universitas Diponegoro Semarang. Lokasi penelitian terletak pada kawasan muara berdekatan dengan areal tambak yang menjorok ke arah laut.

Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel



Sampel sedimen diambil pada lokasi bermangrove di area muara sungai Banjir Kanal Timur (Lihat Gambar 1). Sampel diambil dengan memasukkan *corer* ke dalam tanah hingga penuh. Setelah penuh, maka *corer* ditarik dan sampel dipindah ke dalam pralon. Sampel tersebut dibungkus dengan plastik *wrap* agar sampel tidak rusak dan bergoncang. Sedimen yang didapatkan kemudian diberi kode berdasarkan kedalamannya. Sampel sedimen kemudian dipotong masing – masing dengan ketebalan 1 cm setiap interval 6 cm. Sampel diambil dengan jarak tertentu agar didapatkan perbedaan spesies yang signifikan.

Hal ini bertujuan untuk mengurangi tercampurnya spesies diatom pada lapisan atas dan lapisan bawah. Pada ketebalan kurang dari 1 cm dimungkinkan adanya percampuran spesies diatom epipelik [7]. Sampel yang telah dipotong kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik untuk selanjutnya dilakukan digesti sampel.

Digesti dilakukan dengan menakar sampel sebanyak 4 gr kemudian dimasukkan ke dalam gelas *bekker* dan diberi larutan HCl 10 % sejumlah 50 ml sebagai pengoksidasi bahan organik dan pembersih *frustula*. Suspensi tersebut kemudian dipanaskan pada *Hot Plate* selama 2 jam dan diendapkan selama 12 jam. Air pada bagian atas supernatan kemudian dibuang dan ditambahkan *Aquadest* 80 ml. Perlakuan pembuangan air dan penambahan air tersebut diulang hingga 3 kali sampai pH netral. Setelah hal tersebut dilakukan, maka dilakukan kembali pengambilan air diatas

supernatan sebanyak 70% barulah kemudian ditambahkan larutan H_2O_2 10% sebanyak 50 ml dan dipanaskan kembali selama 2 jam. Hasil tersebut diendapkan kembali selama 12 jam. Dari langkah tersebut di atas, maka telah didapatkan residu diatom yang siap untuk dibuat preparat.

Residu diatom yang diperoleh dari proses digesti ditetaskan diatas coverslip dan ditempelkan dengan perekat *Hyrax* pada gelas benda.. Preparat yang diperoleh kemudian diberi label. Langkah selanjutnya preparat diatom diamati di bawah mikroskop. Slide permanen diatom dapat diamati pada perbesaran 1000 X. Pengamatan preparat dilakukan pada kedua coverslip hingga diperoleh 200 frustul diatom. Jika didapatkan spesies yang sulit untuk diidentifikasi atau sama genusnya dapat digunakan nama *Genus* sp. 01 dst [2]. Data yang diperoleh digambar, difoto, dan dihitung jumlahnya kemudian dilakukan tabulasi data. Barulah kemudian dilakukan identifikasi diatom mengacu pada Gell *et. al.*, (1999), Bellinger dan Sigeo (2010), <http://westerndiatoms.colorado.edu>, dan <http://www.algaebase.org>. Analisis komunitas diatom dilakukan dengan perhitungan indeks keanekaragaman *Shannon – Wiener* (H'), perataan jenis *Evennes* (e). Penyajian data hasil analisis dengan menggunakan excel. Rumus untuk perhitungan komunitas diatom dapat dilihat pada paparan di bawah ini;

1. Indeks *Shannon – Wiener*

Indeks Shannon - Wiener dipergunakan untuk menduga keanekaragaman jenis organisme perairan. Keunggulan dari indeks ini yaitu mempertimbangkan kehadiran spesies – spesies yang langka atau jarang ditemui [19]. Sehingga, validitas data yang diperoleh menjadi lebih baik. Secara umum rumus indeks *Shannon – Wiener* dapat dilihat di bawah ini:

Pers. 1

$$H' = -\sum \left(\frac{n_i}{N}\right) \log \left(\frac{n_i}{N}\right) \quad (1)$$

$$Kr = \frac{n_i}{N} \times 100\% \quad (4)$$

Hasil dan Pembahasan

2. Indeks Perataan Jenis (Evenness)

Komunitas diatom epipelik yang terdapat pada suatu sedimen memiliki persebaran spesies yang tidak menentu oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan terhadap perataan jenisnya dengan menggunakan indeks perataan jenis atau Evenness [16]. Notasi Indeks Evenness adalah sebagai berikut;

Pers. 2

$$e = \frac{H'}{\log S} \quad (2)$$

3. Indeks Dominansi (Simpson)

Indeks dominansi *Simpson* berguna untuk mengetahui adanya dominansi pada suatu komunitas [6]. Pada komunitas diatom epipelik yang hidup pada lingkungan yang tercemar, maka pendugaan terhadap spesies dominan menjadi penting. Indeks dominansi *Simpson* dinotasikan sebagai berikut;

Pers. 3

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N}\right)^2 \quad (3)$$

4. Kelimpahan Relatif

Rumus untuk melakukan perhitungan kelimpahan relatif [6] adalah sebagai berikut;

Pers. 4

Hasil identifikasi diatom yang diperoleh dari sedimen muara sungai Banjir Kanal Timur adalah 39 spesies diatom. Spesies tersebut didominasi oleh diatom *pennate*. Diatom Diatom epipelik yang memiliki rata – rata kelimpahan relatif lebih dari atau sama dengan 5% pada hampir di tiap lapisan antara lain *Asterionella formosa* (freshwater), *Asteromphalus sp.01* (marine), *Aulacoseira ambigua* (freshwater), *Cocconeis pediculus* (freshwater), *Cocconeis placentula* (freshwater), *Cyclotella meneghiniana* (freshwater), *Diploneis smithii* (freshwater), *Grammatophora sp.01* (marine).

Komposisi diatom epipelik pada muara sungai BKT sebagian besar merupakan diatom air tawar sedangkan sisanya adalah diatom laut dan payau. Jenis diatom yang diperoleh secara umum di dominasi oleh diatom epipelik dan beberapa diatom planktonik.

Spesies diatom air tawar yang diperoleh dari muara sungai Banjir Kanal Timur antara lain yaitu, *Achnantheidium minutissimum*, *Amphora ovalis*, *Asterionella formosa*, *Aulacoseira ambigua*, *Aulacoseira granulata*, *Cocconeis pediculus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cymbella aspera*, *Cymbella tropica*, *Cymboppleura amphicephala*, *Diploneis smithii*, *Diploneis subovalis*, *Eunotia exigua*, *Fragillaria capucina*, *Gomphonema acuminatum*, *Gomphonema affine*, *Gyrosigma acuminatum*, *Melosira varians*, *Nitzschia linearis*, *Nitzschia palea*, *Pinnularia brebissoni*.

Jenis diatom air payau didapatkan 6 spesies antara lain yaitu, *Cocconeis placentula*, *Navicula sp. 01*, *Navicula sp.02*, *Nitzschia sigma*, *Pleurosigma sp. 01*, dan *Surirella brebissoni*. Jenis diatom air payau yang didapatkan adalah yang paling sedikit jumlahnya jika dibandingkan jenis – jenis diatom yang lain.

Kumpulan diatom yang ketiga adalah diatom air laut yang diwakili oleh 12 jenis

diatom air laut antara lain yaitu, *Asteromphalus sp. 01*, *Asteromphalus sp. 02*, *Bacillaria sp. 01*, *Grammatophora sp. 01*, *Grammatophora sp.02*, *Hantzschia amphioxys*, *Hyalosynedra laevigata*, *Nitzschia filiformis*, *Synedra acus*, *Synedra ulna*, *Tabularia fasciculata*, *Triceratium sp. 01*.

Hasil analisis data menunjukkan persebaran diatom epipelik pada muara sungai Banjir Kanal Timur tidak tersebar secara merata. Spesies – spesies diatom yang diperoleh tidak semuanya konsisten muncul di semua lapisan. Tidak konsistennya kemunculan jenis – jenis diatom menunjukkan kuatnya pertentangan arus antara air tawar dan air laut [27]. Preferensi habitat diatom epipelik memang sulit untuk diketahui jika dibandingkan dengan habitat – habitat perairan yang lain.

Spesies – spesies diatom epipelik yang diperoleh tidak hanya menunjukkan adanya pengaruh pasang – surut air laut saja. Melainkan menjadi petunjuk adanya penurunan kondisi lingkungan. Munculnya spesies – spesies seperti *Synedra ulna* dan *Cyclotella meneghiniana*, merupakan petunjuk adanya pencemaran dalam taraf sedang [10]. Pendapat lain mengatakan munculnya spesies diatom epipelik seperti *Nitzschia palea*, *Cocconeis placentula*, *Melosira varians*, *Fragilaria capucina*, *Cyclotella meneghiniana* menandakan ekosistem yang terganggu [26]. Sedangkan dominannya spesies diatom epipelik seperti *Cocconeis placentula*, *Navicula sp*, *Nitzschia sp* dan *Cymbella sp* menunjukkan adanya polusi lingkungan [14].

Spesies diatom seperti *Cyclotella meneghiniana* juga dikenal sebagai diatom yang toleran terhadap kandungan bahan organik tinggi. Spesies tersebut dapat ditemukan pada lingkungan yang rendah kandungan oksigen terlarut [4].

Kondisi muara sungai pada saat ini sebagian besar mengalami gangguan. Hal ini nampak pada kondisi air yang ada pada daerah – daerah muara yang mengalami perubahan terutama warna dan munculnya limbah diatas permukaan air. Kondisi tersebut dapat diindikasikan dengan munculnya genus

diatom epipelik seperti *Navicula sp*, *Gomphonema sp*, *Nitzschia sp*, dan *Pinnularia sp* [26].

Diatom epipelik tidak hanya mampu menunjukkan adanya pencemaran. Spesies seperti *Fragilaria capucina* menunjukkan pH yang alkalis [4]. Sementara itu, kemunculan diatom planktonik seperti *Aulacoseria granulata* dan *Aulacoseira ambigua* dapat mengindikasikan pH perairan yang asam [21].

Perairan muara sungai Banjir Kanal Timur memiliki spesies diatom yang menjadi pioneer pada daerah perairan yaitu *Cocconeis placentula*. Spesies tersebut adalah jenis diatom air payau yang dapat hidup pada perairan dengan kandungan bahan organik yang rendah [15].

Komposisi diatom epipelik bisa jadi berbeda pada tiap bagian sungai karena perbedaan kondisi lingkungan pada tiap – tiap sungai. Spesies diatom tertentu hanya ditemukan pada habitat karena sifatnya yang spesifik [23]. Spesies diatom semacam ini hanya ditemukan pada satu atau dua lapisan sedimen, sehingga terkadang dapat menimbulkan kesalahan penafsiran [2].

Diatom epipelik pada muara sungai Banjir Kanal Timur tidak seluruhnya tinggi kelimpahannya. Faktor lingkungan dapat menekan pertumbuhan diatom epipelik. Kelimpahan diatom tergantung adaptasinya terhadap kondisi lingkungan seperti pH, Konduktivitas, dan juga tipe substrat [25].

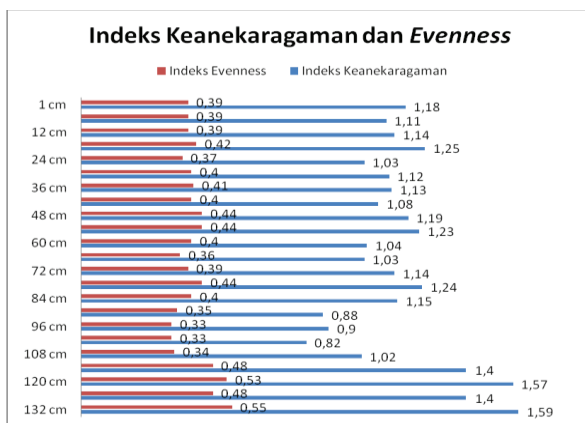
Keanekaragaman diatom epipelik pada muara sungai Banjir Kanal Timur menunjukkan nilai yang sedang [6]. Indeks keanekaragaman *Shannon – Wiener* menunjukkan nilai diantara 1 dan 3 dengan demikian kondisi ekosistem pada muara sungai BKT tergolong sedang dan mengindikasikan ekosistem pada wilayah tersebut mengalami gangguan.

Nilai indeks keanekaragaman pada lapisan sedimen 90 cm, 96 cm, dan 102 cm berada pada nilai kurang dari 1 dan menunjukkan kondisi ekosistem yang kurang stabil [6]. Nilai indeks keanekaragaman tersebut berturut – turut adalah 0,88; 0,9 dan 0,82. Dengan demikian pada lapisan tersebut diatom epipelik mengalami tekanan

lingkungan. Namun demikian nilai indeks keanekaragaman semakin meningkat menuju ke arah yang lebih stabil semakin ke dalam lapisan sedimen.

Seperti yang terjadi pada lapisan 120 cm, 126 cm dan 132 cm nilai indeks keanekaragaman berturut – turut adalah 1,57; 1,4 dan 1,59. Nilai tersebut menunjukkan kenaikan jika dibandingkan nilai – nilai indeks sebelumnya. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa komunitas diatom epipelik pada masa sebelumnya sedikit lebih stabil.

Gambar 2. Indeks Keanekaragaman dan Pemerataan



Perubahan nilai indeks keanekaragaman secara mendadak pada beberapa lapisan menunjukkan, bahwa kondisi lingkungan pada daerah muara berubah - ubah. Fenomena tersebut menunjukkan, bahwa komunitas organisme dialam merupakan objek yang benar – benar berbeda dengan objek penelitian di laboratorium. Begitu banyak perbedaan antara penelitian di laboratorium dan penelitian lapangan. Perubahan terhadap komunitas diatom epipelik tersebut menandakan perubahan lingkungan yang kuat dapat mempengaruhi komunitas diatom epipelik.

Indeks selanjutnya yang menjadi pembahasan adalah indeks Evenness. Indeks tersebut menunjukkan pemerataan individu antar spesies. Pemerataan individu spesies diatom epipelik pada muara sungai Banjir

Kanal Timur tergolong rendah hampir pada semua perlapisan sedimen. Hanya pada lapisan 120 cm dan 132 cm yang memiliki nilai indeks paling mendekati 1 . Meskipun demikian, mengikuti kriteria yang adanilai tersebut masih rendah [6]

Nilai indeks *Evenness* pada lapisan 120 cm dan 132 cm secara berurutan adalah 0,53 dan 0,55. Dengan demikian pada lapisan tersebut persebaran jenisnya lebih merata dibandingkan lapisan sedimen yang lain. Secara menyeluruh pemerataan diatom epipelik rendah. Nilai indeks evenness berkaitan dengan indeks keanekaragaman. Nilai tersebut menunjukkan kondisi diatom epipelik yang mengalami gangguan. Gangguan tersebut dapat berupa faktor fisik maupun faktor kimia.

Pemerataan spesies terendah ada pada lapisan 96 cm dan 102 cm dengan nilai indeks evenness mencapai 0,33. Rendahnya persebaran diatom epipelik yang ada disebabkan oleh morfologi dari diatom tidak memungkinkan banyaknya pergerakan di dalam sedimen. Pergerakan diatom centrik lebih lemah dibandingkan diatom pennate [5].

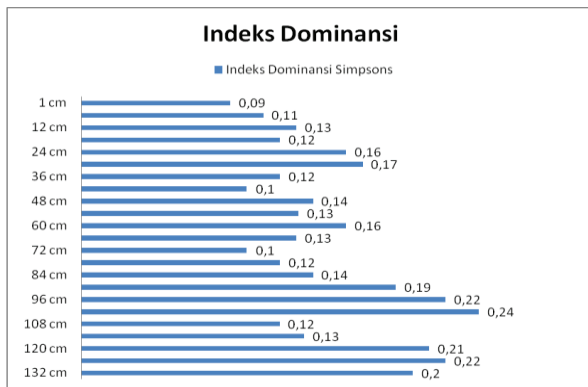
Teori diatas dapat menjelaskan mengapa persebaran diatom epipelik pada sedimen pada muara sungai Banjir Kanal Timur kurang merata. Pada lapisan tertentu terdapat banyak individu diatom. Sedangkan pada lapisan yang lain terkadang jarang dan sukar ditemukan.

Hasil berikutnya, yaitu indeks dominansi menunjukkan nilai rendah meskipun tidak mencapai 0. Nilai tersebut berarti tidak ada spesies yang mendominasi spesies yang lain [6]. Kesatuan antara indeks keanekaragaman dan dominansi tersebut merupakan petunjuk muara sungai Banjir Kanal Timur sedang mengalami perbaikan meskipun tetap mengalami gangguan oleh lingkungan disekitarnya.

Nilai dominansi terendah didapatkan pada lapisan sedimen pertama. Hal ini karena

jumlah individu pada masing – masing spesies tidak begitu besar perbedaannya..

Gambar 3. Indeks Dominansi



Nilai indeks dominansi pada lapisan 102 cm jika dibandingkan dengan lapisan lainnya adalah yang tertinggi. Nilainya mencapai 0,24. Karena nilai indeks dominansi maksimal adalah 1, maka dominansi pada lapisan tersebut tetap tergolong rendah. Nilai indeks dominansi terkecil ada pada lapisan pertama yaitu 0,09.

Penggunaan indeks terhadap diatom epipelik bertujuan untuk memberikan informasi yang cepat dengan sudut pandang yang kompleks mengenai kondisi ekologis suatu lingkungan [23], sebab indeks tersebut memiliki kepekaan terhadap spesies yang langka [19]. Keanekaragaman spesies secara luas menyediakan informasi mengenai pola spasial dan temporal komunitas biotik [22].

Indeks keanekaragaman *Shannon – Wiener* banyak digunakan dalam penelitian karena kemudahannya. Pada penelitian ini nilai indeks *Shannon – Wiener* pada muara sungai Banjir Kanal Timur tidak mencapai nilai yang optimum. Keanekaragaman diatom akan mencapai optimum justru pada saat terjadinya gangguan alam pada taraf yang sedang. Tekanan yang terlalu rendah atau

terlalu kuat tidak mendukung peningkatan keanekaragaman diatom [15]. Faktor paling utama yang menstimulasi keanekaragaman diatom adalah temperatur sedangkan pengendapan justru menekan keanekaragamannya [1].

Berdasarkan data indeks keanekaragaman, indeks pemerataan, dan indeks dominansi, maka dapat dikatakan muara sungai Banjir Kanal Timur mengalami gangguan secara ekologis. Melihat pola yang ada pada masa yang akan datang muara sungai Banjir Kanal Timur akan kembali mendapat tekanan lingkungan yang kuat.

Kesimpulan

Muara sungai Banjir Kanal Timur memiliki nilai keanekaragaman sedang serta nilai pemerataan dan dominansi yang rendah. Nilai tersebut menandakan adanya gangguan pada ekosistem mangrove yang ada. Gangguan yang mempengaruhi keanekaragaman, pemerataan dan dominansi bisa berupa faktor fisik yaitu temperatur dan pengendapan ataupun faktor kimia dalam bentuk cemaran limbah.

Referensi

- [1] Barinova, S., M. Boboev, H. Hisoriev, Freshwater Algal Diversity of the South – Tajik Depression in a High – Mountainous Extreme Environment, Tajikistan. Turk J Bot (2015) 39: 535-546.
- [2] Bate, G.C., P.A. Smailes and J.B. Adams, Epipellic Diatoms in The Estuaries of South Africa. Department of Botany, Nelson Mandela Metropolitan University, Port Elizabeth, 2013.

- [3] Bellinger, E.G and D.C. Sigee, *Freshwater Algae Identification and Use as Bioindicators*, United Kingdom, Wiley – Blackwell, Inc, 2010.
- [4] Bere, T and J. G. Tundisi, *The Effect of Substrate Type on Diatom – Based Multivariate Water Quality Assessment in a Tropical River (Monjolinho)*, Sao Carlos, SP, Brazil, *Water Air Soil Pollut* 216 (2011) 391 – 409.
- [5] Blanchard, G.F., D.M. Paterson, L.J. Stal, P. Richard, R. Galois, V. Huet, J. Kelly, C. Honeywill, J.F.C. de Brouwer, K. Dyer, M. Christie & M. Seguignes, *The Effect of Geomorphological Structures on Potential Biostabilization By Microphytobenthos on Intertidal Mudflats*. NIOO-thesis. Netherlands Institute of Ecology, Yerseke, Netherlands, 2014.
- [6] Brower, James E, *Field and Laboratory Methods for General Ecology*, Mc Graw Hill, New York, 1998.
- [7] Buragohain, B.B., F. Yasmin and N. K. Brahma, *Epipellic Algal Flora of Samaguri Lake of India: A Systematic Approach on Algae – II*, *Annals of Biological Research*, 3 (2012) 4808 – 4819.
- [8] Gell, P.A., J.A. Sonneman, M.A. Reid, M.A. Illman, A.J. Sincock, *An Illustrated Key to Common Diatom Genera From Southern Australia*, University of Adelaide, Adelaide, 1999.
- [9] Hariyati, R., T.R. Soeprbowati, S. Chotidjah, *Persebaran Diatom Epipelik Secara Vertikal pada Ekosistem Mangrove Muara Sungai Banjir Kanal Timur Semarang*. *Laboratorium Ekologi dan Biosistematika Jurusan Biologi FMIPA UNDIP*, Semarang, 2009.
- [10] Hassan, F.M., & A. O. Shaawiat, *A Contribution to the Epipellic Algal Ecology in Lotic Ecosystem of Iraq*. *Journal of Environmental Protection*, 6 (2015) 85 – 95.
- [11] Hassan, G.B., *Paleoecological significance of Diatoms in Argentinean Estuaries*. Nova Science Publishers, Inc, New York, 2010.
- [12] Information on <http://westerndiatoms.colorado.edu>
- [13] Information on <http://www.algaebase.org>
- [14] Kadhim, N.F, M.J. Al-Amari, F. M. Hassan, *The Spatial and Temporal Distribution of Epipellic Algae and Related Environmental Factors in Neel Stream, Babil Province, Iraq*, *International Journal of Aquatic Science*, 4 (2013) 23-32.
- [15] Lengyel, E., J. Padisak, C. Stenger – Kovacs, *Establishment of Equilibrium States and Effect of Disturbances on Benthic Diatom Assemblages of the Torna – stream*, *Hydrobiologia*, 750 (2015) 43-56.
- [16] Magguran, A.E, *Measuring Biological Diversity*, Blackwell Science Ltd, Oxford, 2004.
- [17] McLusky, D.S and M. Elliot, *The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats, and Management*, Third Edition, Oxford University Press, New York, 2006.
- [18] Ribeiro, F. C. P., De Senna, C. D. F., and Torgan, L. C, *The Use of Diatoms for Palaeohydrological and Palaeoenvironmental Reconstruction of Itupanema Beach, Para State, Amazon Regiaon, During The Last Millennium*. *Rev. Bras. Paleontol*, 13 (2010) 21-32.
- [19] Sadava, D., D.M. Hillis, H. C. Heller, M.R. Berenbaum, *Life The Science of*

Biology. Ninth Edition, Sinauer Associates, Inc, USA, 2011.

Technology and Exploring Engineering, 2 (2013) 220 – 222.

- [20] Smol, P., and E.F. Stoermer, The Diatoms Applications for The Environmental and Earth Sciences, Cambridge University Press, New York, 2010.
- [21] Soeprbowati, T.R, Kajian Perubahan Ekosistem Danau Rawapening Menggunakan Diatom Sebagai Bioindikator. Prosiding. Simposium Nasional Penelitian Perubahan Iklim. Kementerian Lingkungan Hidup dan Universitas Diponegoro, Semarang, 2011, pp. 17 – 23.
- [22] Sonmez, F, The Seasonal Variations of Algae in Korpinar Pond (Elazig/ Turkey), Journal of Animal and Veterinary Advances, 10 (2011) 3225 – 3230.
- [23] Stenger – Kovacs, C., L. Toth, F. Toth, E. Hajnal, dan J. Padisak, Stream Order – Dependent Diversity Metrics of Epilithic Diatom Assemblages, Hydrobiologia, 721 (2014) 67 – 75.
- [24] Swary, A., S. Hutabarat, & Haeruddin. 2014. Studi Pengaruhnya Deterjen Terhadap Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton di Sungai Banjir Kanal Timur Semarang. Diponegoro Journal of Maquares, 3 (2014) 157-165.
- [25] Tison, J., Y. S. Park, M. Coste, J. G. Wasson, L. Ector, F. Rimet, F. Delmas, Typology of Diatom Communities and the Influence of Hydro-ecoregions: A Study on the French Hydrosystem Scale, Water Research, 39 (2005) 3177 – 3188.
- [26] Venkatachalapathy, R., G. Nandhakumar, P. Karthikeyan, Diatoms Community Structure in Relation to Physico – Chemical Factors in Yercaud Lake, Salem District, Tamil Nadu, India, International Journal of Innovative
- [27] Wachnicka, A., E. Gaiser, L. Collins, T. Frankovich, J. Boyer, Distribution of Diatoms and Development of Diatom – Based Models for Inferring Salinity and Nutrient Concentrations in Florida Bay and Adjacent Coastal Wetlands of South Florida (USA), Estuaries and Coasts, 33 (2010) 1080 – 1098.

TOPIK 3. SCIENCE (PETERNAKAN, KIMIA, LINGKUNGAN DLL)

PEMANFAATAN ENERGI PAKAN PADA DOMBA LOKAL JANTAN YANG DIBERI PAKAN JERAMI PADI YANG DIPERAM MENGGUNAKAN UREA DAN URIN

(ENERGY UTILIZATION OF RAMS FED RICE STRAW TREATED WITH UREA OR URINE)

Kabib Efendi, C.M. Sri Lestari dan Agung Purnomoadi^a

Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

agung194@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat pemanfaatan energi pada domba dengan pemberian pakan jerami padi yang diperam menggunakan urin dan urea. Penelitian ini menggunakan domba lokal jantan sebanyak 12 ekor, umur 1-1,5 tahun dengan bobot badan rata-rata $25,04 \pm 0,44$ kg (CV = 6,24%). Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan 3 perlakuan pakan (T0 = pemberian konsentrat 2,3% bobot badan + jerami padi *ad libitum*, T1 = pemberian konsentrat 2,3% bobot badan + jerami padi peram urea *ad libitum* T2 = pemberian konsentrat 2,3% bobot badan + jerami padi peram urin *ad libitum*) dan 4 ulangan. Data yang diperoleh dianalisis ragam dan apabila terdapat perbedaan dilakukan uji lanjut menggunakan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi BK, konsumsi energi, energi tercerna dan termetabolis tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Rata-rata konsumsi BK, konsumsi energi, energi tercerna dan termetabolis berturut-turut adalah 873,78 g/hari, 14,43 MJ/hari, 11,01 MJ/hari, dan 9,06 MJ/hari. Simpulan dari penelitian ini adalah pemberian jerami padi yang diperam menggunakan urea dan urin pada domba lokal jantan tidak memberikan pengaruh terhadap pemanfaatan energi pakan domba.

Kata kunci : Domba Lokal, Perlakuan jerami padi, Pemanfaatan energi pakan

Abstract

This study was carried out to assess the energy utilization of rams fed rice straw treated with urea and urine. Twelve male rams, aged 1-1.5 years old with initial body weight (BW) average of 25.04 ± 0.44 kg (CV = 6.24%) were use in this study. The experimental design used in this study was completely randomized design with 3 treatments (T0 = fed 2.3% BW of concentrate + rice straw, T1=fed 2.3% BW of concentrate + rice straw treated with urea, T2=fed 2.3% BW of concentrate + rice straw treated with urine) and 4 replications. The parameters observed were analyzed by ANOVA. When there was a significant difference ($P < 0.05$) among treatments, the further test by Duncan multiple range test was carried out. The results showed that dry matter intake, energy intake, digestible energy and metabolized energy were not significantly different ($P > 0.05$) among the treatments. The average of dry matter intake, energy intake, digestible energy and metabolized energy were 873.78 g/day, 14.43 MJ/day, 11.01 MJ/day, and 9,06 MJ/day respectively. It can be concluded that rice straw treated with urea or urine was not affect energy utilization on rams.

Keywords : Rams, Rice straw treated, Energy feed utilization

Latar belakang

Ternak domba yang biasa dipelihara masyarakat Indonesia umumnya merupakan domba lokal. Domba lokal memiliki keunggulan yaitu mudah beradaptasi dengan

lingkungan, mudah dalam pemeliharaan dan tahan terhadap penyakit. Dewasa ini, permintaan pasar terhadap daging domba terus meningkat untuk memenuhi kebutuhan konsumsi protein hewani masyarakat. Tingginya permintaan pasar tersebut tidak

dimbangi dengan ketersediaan daging domba yang cukup. Hal ini disebabkan karena produktivitas domba yang masih rendah. Rendahnya produktivitas tersebut disebabkan oleh pemberian pakan yang masih tradisional. Produktivitas domba dapat ditingkatkan dengan cara pemeliharaan yang intensif dan pemberian pakan yang berkualitas.

Jerami padi merupakan salah satu limbah tanaman pangan dengan jumlah melimpah yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Jerami padi dapat dimanfaatkan sebagai pakan sumber energi, namun tingginya serat kasar (33,02%) dan rendahnya kandungan protein kasar (3,45%) menyebabkan kurangnya pemanfaatan jerami padi sebagai pakan untuk ternak ruminansia [1,2]. Hal ini mengakibatkan daya cerna jerami padi rendah dan konsumsi menjadi terbatas. Kecernaan dan nilai nutrisi jerami padi dapat ditingkatkan dengan pengolahan. Pengolahan jerami padi dapat dilakukan dengan cara diperam menggunakan urea dan urin. Jerami padi yang diperam dengan urea dapat meningkatkan protein kasar menjadi sebesar 6,66%, sedangkan dengan urin menjadi sebesar 5,6% [2,4].

Pemanfaatan pakan untuk produktivitas ternak dapat dilihat dari pemanfaatan energi pakan. Jumlah energi yang tersedia tergantung pada konsumsi pakan dan banyaknya jumlah yang hilang selama pencernaan dan metabolisme. Energi pakan yang dikonsumsi oleh ternak tidak semuanya dapat dicerna dan dimanfaatkan oleh tubuh, sebagian akan terbuang melalui feses, urin, gas metan dan panas tubuh [3,5,6]. Energi yang diserap digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok dan produksi. Jika konsumsi energi lebih rendah dari kebutuhan untuk hidup pokok, domba akan mengalami

penurunan bobot tubuh karena penggunaan jaringan tubuh untuk mempertahankan hidup. Konsumsi yang berlebihan akan mengarah pada produksi lemak tubuh yang lebih tinggi.

Konsumsi energi diharapkan menjadi lebih tinggi apabila diberikan pakan jerami padi yang diperam, baik dengan urea atau urin. Konsumsi energi akan meningkat apabila konsumsi pakan meningkat [3]. Pemanfaatan energi dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas pakan yang dikonsumsi oleh ternak, sehingga perlu diteliti seberapa besar energi yang dapat dimanfaatkan ternak domba yang diberi pakan konsentrat dan jerami padi yang diperam.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat pemanfaatan energi pakan pada domba dengan pemberian jerami padi yang diperam menggunakan urea atau urin. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan energi pada domba lokal yang diberi pakan jerami yang diperam menggunakan urea atau urin.

Materi dan Metode

Materi yang digunakan yaitu 12 ekor domba lokal jantan umur 1-1,5 tahun dengan bobot badan rata-rata $25,04 \pm 0,44$ kg (CV = 6,24%). Pakan yang diberikan yaitu jerami padi (tanpa pemeraman, diperam menggunakan urea dan diperam menggunakan urin) dan konsentrat yang tersusun dari *wheat bran*, dedak padi, gaplek dan bungkil kedelai serta ditambah mineral. Kandungan nutrisi pakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Pakan

Bahan Pakan	BK	Kandungan Nutrisi dalam 100% BK					
		PK	SK	LK	Abu	BETN	Energi
	(%)	------(%)-----					kal/g
Jerami Padi	87,85	6,94	38,33	4,09	19,00	31,64	3865,6
Jerami Padi Urea	87,95	9,09	37,83	2,76	25,54	24,78	3562,5
Jerami Padi Urin	86,59	8,75	34,60	4,00	21,95	30,70	3717,6
Konsentrat	82,86	20,72	18,41	0,73	10,12	50,02	4036,2

Keterangan : BK = bahan kering, PK = protein kasar, SK = serat kasar, LK = lemak kasar, BETN = bahan ekstrak tanpa nitrogen

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), yang terdiri dari 3 perlakuan dengan 4 ulangan. Perlakuan yang diterapkan berupa : T0 = pemberian konsentrat 2,3% bobot badan + jerami padi *ad libitum*, T1 = pemberian konsentrat 2,3% bobot badan + jerami padi urea *ad libitum*, dan T2 = pemberian konsentrat 2,3% bobot badan + jerami padi urin *ad libitum*. Penelitian dilakukan dalam empat tahap, yaitu tahap persiapan, adaptasi, pendahuluan dan perlakuan. Tahap persiapan meliputi persiapan kandang, pembuatan konsentrat dan pembuatan jerami padi peram serta penyediaan alat. Tahap adaptasi meliputi penyesuaian ternak dengan pakan dan kondisi lingkungan yang baru. Tahap pendahuluan melakukan pengacakan penempatan domba, pemberian pakan disesuaikan perlakuan dan pada akhir tahap ini ternak ditimbang.

Tahap perlakuan ternak diberi pakan sesuai perlakuan. Konsentrat diberikan dua kali sehari yaitu pukul 07.00 dan 15.00 WIB sedangkan jerami padi diberikan satu jam setelah pemberian konsentrat. Air minum diberikan secara *ad libitum* dan sisa pakan ditimbang setiap pagi hari sebelum pemberian pakan untuk mengetahui jumlah konsumsi pakan ternak. Penimbangan domba dilakukan seminggu sekali untuk mengetahui pertambahan bobot badan ternak dan untuk menyesuaikan jumlah pakan yang harus diberikan.

Total koleksi feses dan urin ternak dilakukan selama 7 hari pada minggu ke 11. Feses yang ditampung disemprotkan larutan H₂SO₄ 20% untuk mencegah penguapan N. Hasil dari total koleksi feses selama 7 hari

dihomogenkan lalu diambil sub sampelnya dan dikeringkan, kemudian feses dianalisis proksimat dan kandungan energi (kalori). Urin yang sudah ditampung dimasukkan kedalam jerigen yang telah diisi dengan larutan H₂SO₄ 20% guna menjaga pH 3, mencegah penguapan N dan menghentikan aktivitas mikrobia. Sample feses dan urin dianalisis menggunakan *Bomb Calorimeter* untuk mengetahui kandungan energinya. Pengukuran energi yang keluar dari mulut dalam bentuk gas metan dilakukan dengan menggunakan teknik *Face Mask Method* atau cerobong muka yang dihubungkan dengan alat *CH₄ Analyzer* (Horiba Ltd, Jepang) dan *Airflow Meter* yang sudah terhubung dengan IBM PC. Pengukuran dilakukan selama 10 menit dengan interval 3 jam selama 2 x 24 jam.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini yaitu konsumsi BK, konsumsi energi, energi dalam feses, energi dalam urin, energi dalam gas metan, energi tercerna, dan energi termetabolis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi BK, konsumsi energi, energi tercerna dan termetabolis tidak berbeda nyata ($P>0.05$). Hasil penelitian mengenai pemanfaatan energi pakan yang diberi jerami padi yang diperam menggunakan urea dan urin, ditampilkan pada Tabel 2.

Konsumsi BK pakan domba pada penelitian ini tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa jerami padi yang diperam menggunakan urea dan urin tidak berpengaruh terhadap konsumsi BK. Konsumsi yang tidak berbeda nyata diduga karena kapasitas rumen yang tidak jauh

berbeda (bobot badan hampir sama) dan bentuk fisik pakan serta palatabilitas yang hampir sama. Faktor pakan yang mempengaruhi konsumsi adalah ukuran partikel dan palatabilitas pakan [7]. Dalam penelitian ini bentuk jerami padi, baik yang diperam menggunakan urea dan urin maupun tanpa perlakuan memiliki bentuk yang serupa sehingga konsumsi tidak berbeda nyata.

Konsumsi energi total pakan secara keseluruhan pada domba lokal jantan dari ketiga perlakuan menunjukkan tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan oleh konsumsi BK pakan tidak berbeda nyata dan kandungan energi pakan yang hampir sama pula. Konsumsi jerami padi dapat menambah konsumsi energi total. Jerami padi memiliki

sumber energi bruto yang cukup tinggi. Energi yang berasal dari selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstrak tanpa nitrogen. Rata-rata konsumsi energi pada penelitian ini sebesar 14,43 MJ/hari lebih tinggi daripada hasil Purbowati *et al.* (2008) yang menggunakan pakan komplit berkadar protein-energi berbeda yaitu sebesar 12,66 MJ/hari [6]. Hal ini dikarenakan kandungan energi pakan pada penelitian ini lebih tinggi daripada kandungan pakan pada penelitian Purbowati *et al.* (2008). Semakin tinggi kandungan energi pakan maka semakin tinggi pula ketersediaan energi yang didapatkan [8].

Energi tercerna merupakan energi yang dikonsumsi (GE) dari bahan pakan dikurangi

Tabel 2. Pemanfaatan Energi Pakan pada Domba Lokal Jantan

Parameter	Perlakuan		
	T0	T1	T2
PBBH (g)	42,66	48,61	61,31
Konsumsi			
BK (g/hari)	856,46	815,19	949,69
Energi (MJ/hari)	14,28	13,37	15,63
Pengeluaran energi			
Feses (MJ/hari)	2,99	2,98	4,30
Urin (MJ/hari)	0,68	0,50	0,52
Methan (MJ/hari)	1,35	1,33	1,46
Energi tercerna (MJ/hari)	11,29	10,39	11,33
Energi termetabolis (MJ/hari)	9,26	8,57	9,36

energi yang hilang melalui feses [3]. Hasil energi tercerna pada domba lokal jantan dari semua perlakuan tidak berbeda nyata ($P>0,05$). Hal ini karena konsumsi energi total pakan dan energi feses yang tidak berbeda nyata pula. Besarnya energi yang keluar dari feses dipengaruhi oleh konsumsi pakan dan jenis pakan. Pakan yang diberikan tersusun dari jenis pakan yang sama dengan bentuk dan tekstur yang hampir sama sehingga

pengeluaran feses juga relatif sama. Pengeluaran energi feses dipengaruhi oleh konsumsi pakan, kualitas pakan dan jenis ternak [3,9]. Energi tercerna tidak berbeda nyata disebabkan kualitas pakan dan jenis ternak yang digunakan pada penelitian ini sama, sehingga kemampuan ternak dalam memanfaatkan pakannya sama. Energi tercerna yang bernilai positif berarti ada energi yang terserap dan dapat digunakan

untuk memproduksi [6]. Hal ini terlihat pada PBBH ketiga perlakuan sama (Tabel 2).

Hasil energi termetabolis pada domba lokal jantan dari semua perlakuan tidak berbeda nyata ($P>0,05$). Hal ini dikarenakan konsumsi energi tercerna, energi yang keluar lewat urin dan gas metan tidak berbeda nyata pula. Bentuk dan kandungan nutrisi bahan pakan yang hampir sama dalam ketiga perlakuan mengakibatkan jumlah pakan yang dikonsumsi sama sehingga energi yang tersimpan juga sama. Hal inilah yang mengakibatkan energi yang termetabolis antar perlakuan tidak berbeda nyata. Rata-rata konsumsi termetabolis pada penelitian ini sebesar 9,06 MJ/hari lebih tinggi dibandingkan penelitian Nugroho *et al.* (2013) yang diberi pakan dengan imbalanced protein kasar dan *Total Digestible Nutrients* yang berbeda yaitu 6,28 MJ/hari [9]. Hal ini dikarenakan pengeluaran energi pada penelitian Nugroho *et al.* (2013) lebih besar dibanding penelitian ini. Jumlah energi tercerna dan energi urin serta gas metan mempengaruhi energi termetabolis [11].

SIMPULAN

Simpulan penelitian ini adalah pemberian pakan jerami padi, baik diperam dengan urea maupun urin tidak memberikan pengaruh terhadap pemanfaatan energi domba lokal jantan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Soepraniandono, K., D.S. Nazar, dan D. Handiyatno. 2007. Potensi jerami padi yang diamoniasi dan difermentasi menggunakan bakteri selulolitik terhadap konsumsi bahan kering, kenaikan berat badan dan konversi pakan domba. *Media Kedokteran Hewan* **23** (3): 202-205.
- [2] Trisnadewi, A.A.A.S., N.L.G. Sumardani, B.R. Tanama Putri, I.G.L.O. Cakra, dan I.G.A.I. Aryani. 2011. Peningkatan kualitas jerami padi melalui penerapan teknologi amoniasi urea sebagai pakan sapi berkualitas di desa bebalang Kabupaten Bangli. *Udayana Mengabdikan* **10** (2): 72-74.
- [3] Parakkasi, A. 1999. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminan. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- [4] Saadullah, M., M. Haque, dan F. Dolberg. 1980. Treating rice straw with animal urine. *Trop. Anim. Prod.* **5** (3): 273-277.
- [5] Tillman, A.D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo, S. Prawirokusumo dan S. Lebdoesoekojo. 1998. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [6] Purbowati, E., C.I. Sutrisno, E. Baliarti, S.P.S. Budhi, dan W. Lestariana. 2008. Pemanfaatan energi pakan komplit berkadar protein-energi berbeda pada domba lokal jantan yang digemukkan secara feedlot. *J.Indon.Trop.Anim.Agric.* **33** (1): 59-65.
- [7] Pond, W.G., D.C. Church, and K.R. Pond, 1995. Basic Animal Nutrition and Feeding. Fourth edition. John Wiley and Sons, New York.
- [8] Mathius, I., M. Martawidjaja, A. Wilson dan T. Manurung. 1996. Studi strategi kebutuhan energi-protein untuk domba lokal: I. Fase pertumbuhan. *JITV* **2**(2): 84 – 91.
- [9] Bondi, A.A. 1987. Animal Nutrition. John Wiley and Sons, New York.
- [10] Nugroho, D., A. Purnomoadi, dan E. Rianto. 2013. Pengaruh imbalanced protein kasar dan total digestible nutrients pada pakan yang berbeda terhadap pemanfaatan energi pakan pada domba lokal. *Sains Peternakan* **11** (2): 63-69.
- [11] Gatenby, R.M. 1986. Sheep Production in the Tropics and Sub-tropics. Longman Group Limited, New York.

Estimasi Kebutuhan Total Digestible Nutrien pada Sapi Madura yang Digemukakan

Malikah Umar^{1,2,a*}, B. Kurnadi^{2,b}, E. Rianto^{3,c}, E. Pangestu^{3,d}
dan A. Purnomoadi^{3,e}

1. Mahasiswa Pascasarjana Fakultas Peternakan dan Pertanian
Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.

2. Fakultas Pertanian Universitas Madura Pamekasan
Kampus : Raya Panglegur Km 3,5 Pamekasan, Jawa Timur-Indonesia

3. Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, Semarang-Indonesia
Kampus Tembalang, Semarang 50275

^a E-mail: emma_umar@yahoo.com, ^b najwa_kurnadi@yahoo.com, ^c erianto_05@yahoo.com, ^d ekopangestu57@gmail.com, ^e agung194@yahoo.com

Abstrak

Pemenuhan kebutuhan TDN dalam pakan sangat berpengaruh terhadap produktivitas ternak. Sapi Madura yang merupakan sapi *indigenous* yang belum banyak diketahui potensinya. Penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat kebutuhan nutrien yang lebih tepat sehingga pemeliharaan menjadi lebih efisien. Menggunakan 28 ekor sapi Madura jantan umur ± 2 tahun dengan bobot badan awal berkisar $156,27 \pm 6,92$ kg dengan CV sebesar 4,43% dan berada pada kondisi fisiologis yang relatif sama, dipelihara dengan melakukan perbaikan tatalaksana pemeliharaan dan perbaikan kualitas pakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan hidup pokok sapi Madura lebih tinggi dibandingkan sapi Jawa (Lestari, 2012) dan Tabel Kearn (1982), akan tetapi kebutuhan untuk setiap peningkatan bobot badannya lebih rendah dibandingkan keduanya. Hal ini menunjukkan bahwa sapi Madura juga memiliki potensi untuk tumbuh lebih baik dan efisien dalam memanfaatkan pakan dengan baik.

Kata kunci : kebutuhan hidup pokok, kebutuhan produksi, protein, energi, sapi Madura

Abstract

Fulfilling TDN requirements in a diet were influenced on productivity of livestock. Madura cattle were indigenous cattle that had not known of its potential. The study was conducted to determine the accuracy levels of nutrient requirement. Twenty-eight, 2 years old, Madura bulls with a mean live weight of $156,27 \pm 6,92$ kg (CV = 4.43%) were assigned in the same physiological condition and maintained by improving the feed quality and management. Results of the present study showed that the basic needs of Madura cattle were higher than Jawa cattle (Lestari, 2012) and Kearn Table (1982), however the needs to increase body weight was lower than both of them. This indicates that Madura cattle had the potential to grow better and more efficient to utilize feed properly.

Key words: maintenance, production requirements, protein, energy, Madura cattle

Latar belakang

Total Digestible Nutrient (TDN) adalah total energi zat makanan pada ternak yang disetarakan dengan energi dari karbohidrat, dapat diperoleh secara uji biologis ataupun perhitungan menggunakan data hasil analisis proksimat dan digunakan untuk mengukur kandungan energi dari bahan-bahan makanan yang berdasarkan seluruh nutrisi pakan yang tercerna (1). Energi yang terkandung di dalam pakan dan dikonsumsi oleh ternak, tidak semuanya dimanfaatkan, akan tetapi sebagian terbuang melalui feses, urin, gas metan dan panas (2). Pakan yang dicerna sangat berpengaruh terhadap jumlah asupan nutrisi, yang menjadi faktor terpenting dalam mengatur sejauh mana sapi dapat memenuhi energi mereka, sedangkan protein dan nutrisi lainnya adalah kebutuhan jumlah pakan yang dikonsumsi.

Pertumbuhan ternak ruminansia sangat dipengaruhi oleh tatalaksana pemberian pakan dengan memperhatikan protein, energi dan mineral yang diperlukan dalam jumlah yang cukup dan seimbang. Ternak menyerap energi di dalam pakan terutama untuk hidup pokok, dan apabila masih ada kelebihan energi akan digunakan untuk produksi, namun sebagian energi diserap di dalam tubuh akan dikonversi menjadi panas tubuh (3), akan tetapi kebutuhan nutrisi khususnya TDN pada sapi Madura belum banyak diketahui. Kebutuhan energi yang merupakan salah satu unsur nutrisi yang memiliki dampak yang signifikan terhadap kenaikan berat badan dan kesehatan ternak (4; 5 and 6).

Sapi Madura merupakan salah satu sapi *indigenous* yang hidup di lingkungan agroekosistem kering, merupakan sapi potong tipe kecil yang berkembang baik di Pulau Madura. Populasinya mencapai 905.271 ekor atau sekitar 18,26% dari total populasi sapi potong di Jawa Timur (4.957.477 ekor). Sapi Madura sebagian besar dimiliki petani miskin dan dipelihara secara tradisional yang kurang memperhatikan pemenuhan kebutuhan nutrisi dan status gizi yang merupakan faktor utama dalam produksi ternak (7).

Kelemahan dan keterbatasan produktivitas dari sapi lokal khususnya sapi

Madura adalah pada manajemen pemberian pakan baik dari sisi kuantitas maupun kualitas. Sapi-sapi yang dipelihara oleh peternak di Pulau Madura pada umumnya hanya diberi pakan hijauan sehingga produktivitasnya rendah dan berkisar antara 200 – 300 g/hari. Hal tersebut terjadi akibat kurangnya data kebutuhan nutrisi yang sesuai dengan potensi genetiknya. Pemenuhan kebutuhan nutrisi pada ternak perlu dilakukan agar produk ternak yang dihasilkan dapat lebih efisien. Usaha perbaikan pakan pada sapi Madura (secara *ex situ*) yang dilakukan oleh (9); dan (10) dengan konsumsi 1,5% BK dari bobot badan memperoleh pertambahan bobot badan harian (PBBH) sebesar 600 g. Hasil penelitian (11) menunjukkan bahwa sapi Madura mampu mengonsumsi pakan hingga 3,61% BK dengan TDN 50% dari bobot badan dengan pertambahan 600 g/hari. Penelitian pada sapi Madura dengan pemberian konsentrat (PK 16%) sebanyak 2 – 2,5% dari bobot badan memperoleh PBBH 500 g (12).

Keterbatasan informasi dan penelitian tentang kebutuhan nutrisi pada sapi lokal khususnya sapi Madura maka uraian tersebut menjadi dasar pertimbangan untuk dilakukan kajian tentang kebutuhan nutrisinya, mengingat kontribusi sapi Madura di tahun 2012 merosot hingga 2,76% (dari populasi sapi potong di Jawa Timur) bila dibandingkan dengan tahun 2010. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pemenuhan nutrisi utamanya TDN pada sapi untuk dapat meningkatkan produktivitasnya.

Materi dan Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Produksi Ternak Potong dan Perah, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang dengan menggunakan 28 ekor sapi Madura jantan umur ± 2 tahun dengan bobot badan awal berkisar $156,27 \pm 6,92$ kg dengan CV sebesar 4,43% dan berada pada kondisi fisiologis yang relatif sama. Sapi-sapi tersebut didatangkan dari Kabupaten Pamekasan.

Sapi Madura yang menjadi materi penelitian dipelihara dengan melakukan perbaikan tatalaksana pemeliharaan dan perbaikan kualitas pakan. Sapi-sapi tersebut dipelihara secara intensif dengan cara dikandangkan dan diletakkan pada kandang individu yang dilengkapi dengan tempat pakan dan minum, serta pola pemberian pakan terjadwal dan terukur, agar kebutuhan

kebutuhan nutrisi dapat menjaga agar ternak tetap sehat, lebih produktif dan efisien (13). Pemenuhan kebutuhan pakan sapi Madura dilakukan berdasarkan penelitian pendahuluan. Imbangan antara pakan hijauan (rumput gajah) dan konsentrat (dedak padi, dedak gandum, gaplek dan bungkil kedelai) mencapai 30% : 70% dari jumlah pakan yang diberikan (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan Nutrien Bahan Pakan Penelitian (100% BK)

Bahan Pakan	PK	LK	SK	Abu	BETN	TDN*
	-----%-----					
Rumput gajah	6,99	1,18	29,03	17,65	45,15	46,67
Dedak padi	7,20	2,11	37,47	16,01	37,21	57,72
Tepung Gaplek	4,89	1,61	1,92	2,46	89,12	83,33
Dedak gandum	14,77	3,91	7,79	5,49	68,04	80,10
Bkl. Kedelai	42,14	2,13	5,13	7,32	43,28	84,07

nutrien pakan dapat terpenuhi. Pemenuhan

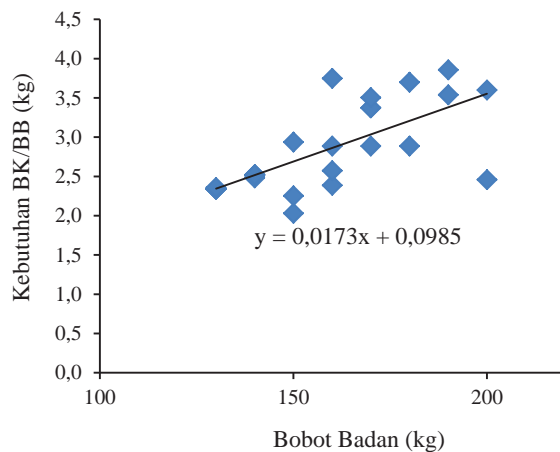
Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam 4 (empat) tahap yaitu persiapan, adaptasi, pendahuluan dan pelaksanaan (koleksi data). Pemberian konsentrat dan hijauan dilakukan dua kali dalam sehari, sedangkan air minum diberikan secara *ad libitum*. Jenis pakan yang diberikan adalah hijauan yang disesuaikan dengan keadaan lapangan (telah dilayukan) dan diberikan secara *ad libitum*. Penambahan hijauan selalu diikuti dengan konsentrat yang diberikan secara proporsional dengan imbangan 30% hijauan dan 70% konsentrat. Total koleksi pakan, feses dan urin dilakukan 7 hari berturut-turut, yang dilaksanakan pada minggu ke 5. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah pemanfaatan energi dan protein pakan serta PBBH yang diukur sesuai dengan rekomendasi dari (14). Data dianalisis

dengan menggunakan persamaan regresi linier pada program *exels for windows 2010*.

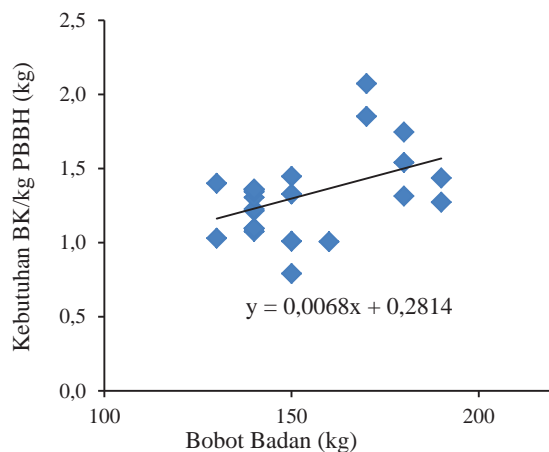
Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa pemeliharaan intensif dengan perbaikan kualitas pakan, dapat meningkatkan produktivitas sapi Madura hingga mencapai 850 g/hari atau 300 hingga 350% dari pemeliharaan *in situ* (200 – 300 g/hari). Kebutuhan nutrisi sapi Madura lebih sedikit dari yang disarankan oleh (15) akan tetapi lebih besar dari kebutuhan sapi Jawa (16).



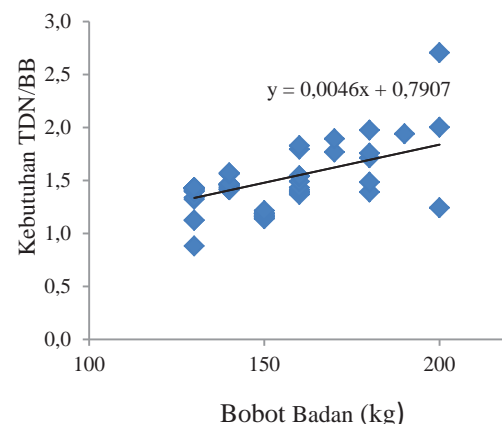
Ilustrasi 1. Grafik Kebutuhan Bahan Kering per 1 kg Bobot Badan pada Sapi Madura

Kondisi tersebut terjadi pada sapi Madura yang memiliki bobot hidup di bawah 300 kg, sedangkan pada bobot badan di atas 300 kg, tingkat kebutuhannya lebih sedikit dari sapi Jawa akan tetapi setara dengan kebutuhan yang distandarkan oleh (15). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi bobot badan sapi Madura semakin efisien dalam memanfaatkan nutrisi pakan seperti pendapat (17) yang menyatakan bahwa efisiensi pakan akan meningkat sebagai akibat dari peningkatan bobot badan terhadap kebutuhan nutrisi, hal ini akan berpengaruh pada konsumsi energi yang lebih tinggi.

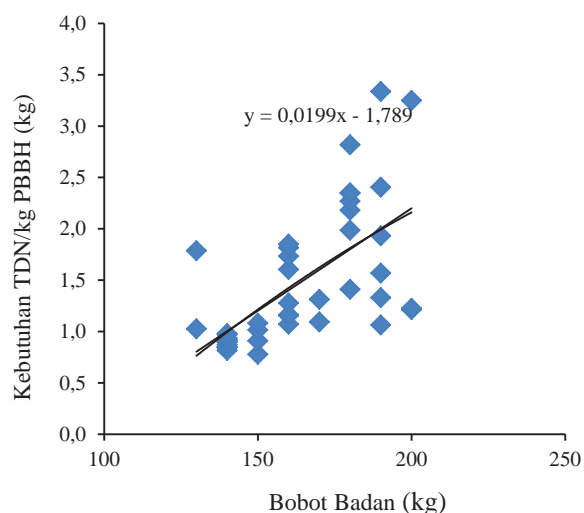


Ilustrasi 1. Grafik Kebutuhan Bahan Kering per 1 kg PBBH pada Sapi Madura

Hasil perhitungan persamaan linier yang diperoleh dari Ilustrasi 12 ($Y = 0,0173X + 0,0985$) untuk menghitung kebutuhan BK/kg bobot badan, dimana X adalah kebutuhan BK (kg) dan Y adalah bobot badan sapi (kg). Sementara untuk menghitung kebutuhan BK untuk memperoleh 1 kg PBBH digunakan persamaan linier $Y = 0,0068X + 0,2814$, dimana X adalah kebutuhan BK (kg) dan Y adalah PBBH yang diharapkan (kg). Kedua persamaan tersebut menjadi dasar menghitung untuk memperoleh standar kebutuhan BK pada sapi Madura. Kebutuhan BK sapi Madura masih setara dibandingkan dengan Tabel kebutuhan pakan menurut (15), akan tetapi lebih besar dari kebutuhan BK sapi Jawa hasil penelitian (16). Kebutuhan BK untuk hidup pokok pada sapi Madura dengan bobot badan 150 kg mencapai 2,69 kg dengan kebutuhan produksi sebesar 1,30 kg/kg PBBH, hal ini lebih rendah dibandingkan kebutuhan sapi Jawa yang mencapai 1,55 kg/kg PBBH dan Tabel Kears yang mencapai 1,5 kg/kg PBBH. Akan tetapi pada bobot badan 250 - 300 kg kebutuhan hidup pokok dan produksi (mencapai 5,29 kg untuk hidup pokok dan 2,32 kg/kg PBBH) masih setara dengan yang ditetapkan oleh (15) yakni 5,00 kg untuk hidup pokok dan 2,5 kg/kg PBBH. Ilustrasi 1 menampilkan persamaan sebagai dasar menghitung kebutuhan hidup pokok dan produksi sapi Madura.



Ilustrasi 2. Grafik Kebutuhan TDN per 1 kg Bobot Badan pada Sapi Madura



Ilustrasi 2. Grafik Kebutuhan TDN per 1 kg PBBH pada Sapi Madura

Energi (TDN) pakan dimanfaatkan ternak untuk mencukupi kebutuhan hidup pokok, pertumbuhan jaringan dan retensi lemak. Kebutuhan TDN pada sapi Madura dapat mengikuti persamaan linier (Ilustrasi 2) yakni $y = 0,0046x + 0,7907$, dimana X adalah kebutuhan TDN (kg) dan Y adalah bobot badan sapi yang dihitung kebutuhannya. Penentuan tingkat kebutuhan TDN (kg) pada setiap kg PBBH mengikuti persamaan linier (Ilustrasi 2) $Y = 0,0199X - 1,789$, dimana X adalah kebutuhan TDN (kg) dan Y adalah PBBH sapi yang diharapkan. Hasil perhitungan (Tabel 6.1) menunjukkan bahwa kebutuhan TDN untuk hidup pokok sapi Madura setara dengan yang direkomendasikan oleh (15) akan tetapi lebih besar dari kebutuhan sapi Jawa (16). Keadaan tersebut mencerminkan bahwa sapi

Tabel 2. Kebutuhan Nutrien Pakan Pada Sapi Madura

BB	PBBH	Sapi Madura		Sapi Jawa		Kearl	
		BK	TDN	BK	TDN	BK	TDN
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
150	0,00	2,69	1,48	2,51	1,14	3,00	1,40
	0,25	3,20	1,78	2,90	1,59	3,80	1,80
	0,50	3,34	2,08	3,28	2,04	4,20	2,20
	0,75	3,67	2,38	3,67	2,50	4,40	2,60
	1,00	4,00	2,68			4,50	3,00
200	0,00	3,56	1,71	3,35	1,52	3,70	1,80
	0,25	3,97	2,26	3,73	1,97	4,50	2,20
	0,50	4,38	2,81	4,12	2,04	5,20	2,80
	0,75	4,79	3,35	4,50	2,50	5,40	3,20
	1,00	5,20	3,90			5,60	3,70

Madura lebih peka terhadap perubahan lingkungan, sehingga energi yang dibutuhkan menjadi lebih besar dibandingkan sapi Jawa. Ilustrasi 6.5 dan 6.6 menggambarkan tingkat kebutuhan energi (TDN) pada setiap kilogram bobot badan dan setiap kilogram pertambahan bobot badan harian (PBBH).

Tabel 2 menunjukkan bahwa kebutuhan hidup pokok pada sapi Madura lebih tinggi dibandingkan dengan kebutuhan sapi Jawa (16) dan sapi tropis (15). Kebutuhan hidup pokok yang lebih tinggi pada sapi Madura telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya bahwa performa sapi Madura bertemperamen tinggi (liar, ganas) yang sulit dikendalikan, sehingga kebutuhan dasar seperti jumlah pernafasan, denyut nadi, lamanya berdiri dan jumlah mengunyah menjadi lebih besar dibandingkan dengan sapi lokal lainnya (18). Tingkat kebutuhan nutrien untuk memperoleh pertambahan bobot badan harian (PBBH) pada besaran yang sama menjadi lebih kecil, karena sapi Madura pada dasarnya relatif lebih tahan terhadap lingkungan kekurangan pakan maupun infeksi penyakit (19). Uraian di atas menunjukkan bahwa penelitian ini memberikan kontribusi yang sangat penting bagi pengembangan dan perkembangan sapi Madura di masa yang akan datang, sehingga sapi Madura dapat dipertimbangkan sebagai sapi potong sesuai dengan potensi genetik yang dimiliki.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan hidup pokok pada sapi Madura lebih tinggi dibandingkan sapi lokal lainnya, akan tetapi kebutuhan untuk produksi lebih rendah. Dengan demikian sapi Madura lebih efisien dalam memanfaatkan pakan untuk diubah menjadi bobot badan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih Penulis haturkan kepada Bapak Rektor Universitas Madura dan Dekan Fakultas Pertanian Universitas Madura, atas kesempatan dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam melakukan penelitian ini. Teman-teman komonitas Potong Mania Fakultas Peternakan dan Pertanian Undip Semarang atas kerjasama yang telah diberikan selama penelitian.

Referensi

- [1] Sutardi, T., 1980. Landasan Ilmu Nutrisi. Departemen Ilmu Makanan Ternak, IPB, Bogor.
- [2] Tillman, A.D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo, S. Prawirokusumo dan S. Lebdoekojo. 1984. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Cetakan ke-5. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [3] Gatenby, R.M. 1986. Sheep Production in the Tropics and Sub-Tropics. Longman Inc., New York.
- [4] Katunguka-Rwakishaya E., M. Murray, P.H. Holmes. 1999. The influence of energy intake on some blood biochemical parameters in Scottish Blackface sheep infected with *Trypanosoma congolense*. Elsevier Science B.V. All rights reserved.. Veterinary Parasitology 84 (1999) 1–11
- [5] Lofgreen, G. P. 1988. Nutrition and management of stressed beef calves. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 4:509-522
- [6] Austin R. J. 2001. Effect Of Feeding Different Protein And Energy Supplements On Performance And Health of Beef Calves During the Backgrounding Period. Submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the

- degree of Master of Science in Animal and Poultry Sciences. Blacksburg, Virginia Thesis.
- [7] Brithal P S and Ravishankar A 1999 Sources of growth in the livestock sector in Karnataka. Policy paper No. 9, NCAP, New Delhi, pp. 30-81
- [9] Moran. J.B., 1990. Performans dari sapi-sapi Pedaging di Indonesia dalam Kondisi Pengelolaan Tradisional dan Diperbaiki. Laporan Seminar Ruminansia II. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Ternak.
- [10] Wardhani, N. K., A. Musofie, Aryogi dan A. Rasyid. 1992. Pengaruh tingkat energi ransum terhadap pertambahan berat badan dan efisiensi pakan sapi Madura. Sub Balai Penelitian Ternak Grati. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Dep. Pertanian. Jurnal Ilmiah Penelitian Ternak. Grati. 3 (1); 1 – 6.
- [11] Umar, M., M. Arifin dan A. Purnomoadi. 2007. Studi komparasi produktivitas sapi Madura dengan sapi Peranakan Ongole. Pros. Seminar Nasional. Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor. 132 – 136.
- [12] Aryogi, N. K. Wardhani dan A. Musofie. 1994. Tingkat efisiensi penggunaan energi pakan pada usaha pembesaran sapi jantan. Proc. Pertemuan Ilmiah Hasil Penelitian Peternakan Lahan Kering. Departemen Pertanian. Malang, 26 – 27 Oktober: hlm. 314 – 319.
- [13] Preston, R. L. 2013. Nutrient values for 300 beef cattle feeds. Beef. Di unduh dari <http://search.proquest.com/docview/1314689492>.
- [14] Williamson, G. dan W. J. A. Payne. 1993. Pengantar Peternakan di Daerah Tropis. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta (Diterjemahkan oleh S. G. N. D. Darmadja).
- [15] Kearl, L. C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. International Feedstuffs Institute. Utah State University. Logan. Utah.
- [16] Lestari, C. M. S. 2012. Potensi Produksi dan Pengembangan Sapi Jabres (Jawa-Brebes) Sebagai Sapi Potong Lokal (Kajian explorasi, exploitasi dengan metode in-vivo dan non-intensif pada pemeliharaan in situ dan ex situ). Program Studi Ilmu Peternakan, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro. Semarang. Desertasi.
- [17] Tedeschi, L. O., D.G. Fox, M.J. Baker and D.P. Kirschten. (2006). Identifying differences in feed efficiency among group-fed cattle. Journal of Animal Science. 84(3): 767-776.
- [18] Umar, M. 2007. Pemanfaatan Energi Pakan Pada Sapi Madura dan Peranakan Ongole dengan Pakan Intensif. Program Studi Magister Ilmu Ternak. Program Pascasarjana. Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro. Semarang. (Tesis).
- [19] Darmono, N. Ginting dan Sudarisman. 1993. Penyakit pada sapi Madura dan peneltian penyakit yang telah dilakukan. Pros. Pertemuan Ilmiah Hasil Penelitian dan Pengembangan Sapi Madura. Sub Balitnak Grati. Sumenep. hlm. 55–58.

PRODUKSI METHAN DARI FESES SAPI MADURA AKIBAT PEMBERIAN PAKAN DENGAN JUMLAH YANG BERBEDA DAN UPAYA UNTUK MENINGKATKANNYA

Sutaryo^{1*}, Khanza Syahira Dhia¹, Mohamad Riza Maulida¹,
Nindy Krisdianty², Hartuti Purnaweni³ dan Agung Purnomoadi¹

¹*Fakultas Peternakan dan Pertanian, Undip*

²*Alumni Fakultas Peternakan dan Pertanian, Undip*

³*Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Undip*

*E-mail : soeta@undip.ac.id

Abstrak

Industri peternakan merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca dalam bentuk emisi metan yang dominan dari sektor pertanian. Emisi metan berasal dari fermentasi bahan pakan di dalam saluran pencernaan ternak dan fermentasi anaerob dari limbah peternakan. Dilain pihak tingkat konsumsi dan produksi daging di Indonesia masih rendah. Salah satu upaya meningkatkan produksi daging adalah dengan meningkatkan produktivitas ternak yang bisa ditempuh salah satunya dengan perbaikan manajemen pemberian pakan. Makalah ini mengevaluasi produksi metan dari feses sapi Madura akibat pemberian pakan dengan jumlah yang berbeda yaitu 2,5%; 3% dan 3,5% bahan kering (BK) per bobot badan per hari dan co-digesti feses sapi dengan whey sebagai upaya meningkatkan produksi metan dari digester biogas berbasis feses sapi Madura. Hasil evaluasi total produksi metan dari feses sapi berkisar antara 181 sampai dengan 223 l/g volatile solid (VS). Hasil analisis statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata ($P>0,05$) antar perlakuan. Namun produksi feses dari perlakuan T3 menunjukkan hasil yang tertinggi sehingga secara akumulatif produksi metan dari feses perlakuan T3 juga paling tinggi dibanding perlakuan yang lainnya. Produksi metan dari digester biogas yang menggunakan substrate feses sapi Madura dan whey meningkat sebesar 138,94% dibandingkan dengan feses sapi yang diencerkan dengan air (1 : 1). Dapat disimpulkan bahwa produksi metan dari feses sapi Madura yang mendapatkan pakan dengan jumlah berbeda relatif sama dan whey dapat digunakan untuk meningkatkan produksi metan dari digester biogas berbasis feses sapi Madura.

Kata kunci : biogas, co-digesti, feses, metan, whey.

Abstract

Livestock industries are one of the major contributors of green house gas emissions in the form of methane from agriculture sector. Methane emission from livestock industries came from enteric fermentation and anaerobic fermentation of animal husbandry waste. On the other hand, meat consumption and meat production in Indonesia is still low. Meat production can be enhanced by increasing animal productivity and one of the methods to increase it is by fixed feeding management. This paper evaluates the ultimate methane yield (B_0) derived from Madura cattle faeces that fed in different quantity (2.5% (T1); 3% (T2) and 3.5% (T3)) dry matter (DM) intake/body weight and methane production of biogas digester treating Madura cattle faeces and whey as an effort to increase methane production. The result showed that the ultimate methane yield was in the range of 181 to 223 l/g volatile solid (VS). There is no effect of the fed quantity on the B_0 . However faeces production from T3 is the highest than that from T1 and T2. Therefore in

accumulation methane production of faeces derived from T3 is higher than that from T1 and T2. Application of whey as Madura faeces diluents in biogas substrate can increase methane production of biogas digester by 138.94% compare to application of water. It can be concluded that there is no effect of fed quantity on the B_0 of Madura cattle faeces and whey can be use to increase methane production of biogas digester treating Madura faeces.

Keywords : biogas, co-digestion, faeces, methan, whey.

Pendahuluan

Ternak sapi merupakan salah satu jenis ternak yang potensial sebagai penghasil protein hewani yang berkualitas tinggi. Dengan demikian peningkatan populasi ternak sapi merupakan salah satu upaya yang dapat ditempuh untuk memenuhi kebutuhan daging dari masyarakat Indonesia yang terus meningkat.

Pada sisi yang lain ternak ruminansia dimana sapi termasuk didalamnya merupakan jenis ternak yang mempunyai peranan yang sangat penting sebagai penyumbang gas rumah kaca utamanya berupa gas metan. Kenyataan ini tidak terlepas dari kondisi perut kambing yang mempunyai empat jenis perut yaitu rumen, retikulum, omasum dan abomasum. Kondisi anaerob pada perut sapi menyebabkan biokonversi bahan organik pada pakan menjadi daging atau susu berjalan secara anaerob dimana pada proses tersebut akan dihasilkan metan sebagai produk sampingannya. Metan mempunyai peranan yang sangat penting pada pemanasan global, dimana jenis gas ini menyumbang 19% dari gas rumah kaca dunia. Sedangkan gas-gas lainnya memiliki andil dalam pemanasan global sebesar 49% untuk CO_2 , Chlorofluorocarbon (CFC) sebesar 14%, N_2O sebesar 5%, dan gas lainnya 13%. Secara keseluruhan sektor peternakan, memiliki andil dalam menyumbang pemanasan global sebesar 21% dengan rincian 16% dari fermentasi pakan di dalam rumen, dan 5% dari limbah ternak [1].

Emisi metan dari ternak ruminansia pada dasarnya berasal dari proses fermentasi bahan pakan pada saluran pencernaan dan dari proses fermentasi manure ternak. Protocol untuk mengestimasi emisi metan dari manure ternak telah dikembangkan oleh

Intergovernmental Panel on Climate Change [2]. Pada protocol tersebut emisi metan diestimasikan dengan melibatkan kandungan bahan organik yang diekskretasikan oleh ternak, *methan conversion factor* (MCF) dan total produksi metan dari ekskreta tersebut (B_0) [3]. Namun demikian keberadaan data tersebut di atas sebagai dasar perhitungan emisi metan khususnya dari peternakan di negara berkembang/wilayah tropis masih sangat terbatas bahkan belum ada sama sekali.

Kondisi peternakan di Indonesia sendiri juga sangat beragam mulai dari peternakan tradisional dengan pemberian pakan seadanya sampai pada usaha peternakan yang sudah dikelola secara intensif dengan pemberian pakan dengan kualitas yang sangat baik. Perbedaan kondisi pemeliharaan tersebut, tentunya akan berdampak pada perbedaan pemanfaatan nutrisi yang ada pada pakan oleh ternak dan berpengaruh pada perbedaan emisi metan baik dari saluran pencernaan maupun produksi metan dari limbah yang dihasilkan.

Makalah ini mengevaluasi produksi total metan dari feses sapi madura yang mendapatkan pakan dengan jumlah pemberian yang berbeda sedangkan kualitas pakan yang diberikan disamakan antar perlakuan. Disamping itu makalah ini juga membahas peningkatan produksi metan dari digester biogas yang berbahan baku feses sapi sebagai substratnya.

Metode Penelitian

Materi utama yang digunakan dalam penelitian adalah 9 ekor sapi Madura Jantan

dengan umur 1-2 tahun dengan bobot badan awal \pm 150 kg dan dibagi secara acak menjadi tiga kelompok dengan ulangan sebanyak tiga ekor sapi ditiap kelompoknya. Sapi dipelihara selama 4 bulan dengan rincian massa pemulihan selama 1 minggu menggunakan pakan rumput lapangan dan pakan *total mix ratio* (TMR) dengan rasio 60:40, kemudian masa adaptasi 2 minggu, pakan yang digunakan 100% TMR yang diberikan secara *ad libitum* dan masa perlakuan selama 12 minggu dimana pakan yang diberikan pada masa ini berupa 100% TMR dengan level pemberian yang berbeda. Air minum diberikan secara *ad libitum*.

Perlakuan

Perlakuan yang diterapkan yaitu :

- T1 : Pemberian pakan berdasarkan 2,5% bobot badan
T2 : Pemberian pakan berdasarkan 3,0% bobot badan
T3 : Pemberian pakan berdasarkan 3,5% bobot badan

Persentase di atas berdasarkan kandungan berat kering (BK) pakan.

Adapun susunan dan kandungan nutrisi ransum dari tiga kelompok perlakuan dapat di lihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi *Total Mix Ration* (TMR)

Bahan Pakan	Persentase dalam ransum (%)
Ampas Kecap ¹	1.99
Dedak Padi ²	21.26
Rendeng Kedelai ²	34.29
Wheat Bran ²	42.46

Tabel 2. Kandungan Nutrisi Bahan Pakan

Bahan Pakan	BK	Kandungan Nutrisi dalam BK 100%		
		PK	SK	TDN
		----- % -----		
Ampas Kecap ¹	63,70	25,76	16,00	32,94
Dedak Padi ²	89,00	11,90	8,90	81,00
Rendeng Kedelai ²	86,00	16,60	24,80	50,00
Wheat Bran ²	88,20	12,90	6,79	72,00

Keterangan: ¹BBPP, 2013.

²Hartadi, 1997.

Evaluasi penentuan total produksi metan (*Bo*) dari feses sapi Madura

Sampel yang akan dievaluasi produksi methannya adalah feses sapi Madura dari setiap perlakuan. Koleksi sampel dilakukan dengan mengambil feses secara langsung dari rektum sapi sesuai dengan protokol yang dikembangkan oleh [4]. Tahap penelitian ini akan dilaksanakan dengan digesti secara anaerob dengan digester model *batch* selama 35 hari dengan menggunakan tiga kali ulangan. Produksi metan dihitung dengan mengurangi produksi metan dari digester yang hanya berisi starter terhadap produksi metan dari digester yang berisi starter dan sampel. Starter disiapkan dengan melarutkan feses sapi dengan air dengan perbandingan 1 : 1 (w/w) dan disimpan pada suhu 35°C dan pada kondisi anaerob selama tiga minggu. Setelah tiga minggu penyimpanan, starter yang telah siap tersebut disaring dengan kain secara manual. Hanya bagian cair saja yang

digunakan sebagai starter. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi produksi metan dari starter.

Pelaksanaan penelitian akan dilakukan dengan memasukkan starter yang telah disiapkan sebanyak 200 g ke dalam digester model batch dan sampel yang telah disiapkan dengan perbandingan bahan organik starter dan sampel sebanyak 1 : 1 (w/w). Untuk menciptakan kondisi anaerob, pada digester yang telah ditutup rapat dialiri dengan gas nitrogen selama 2 menit [5]. Selama pelaksanaan penelitian digester biogas akan ditempatkan pada inkubator dengan suhu 35°C. Biogas yang terbentuk dari setiap digester akan dilewatkan dalam larutan NaOH 4% (w/w) untuk menyerap CO₂ sesuai dengan [6]. Gas sisanya merupakan gas metan yang selanjutnya di tampung menggunakan tedlar gas *bag* dan akan diukur volumenya dengan metode *liquid displacement method*.

Hasil dan Pembahasan

Produksi metan

Hasil produksi metan feses sapi Madura dari masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Diagram 1. Hasil produksi metan dari masing-masing perlakuan adalah 223,77 ± 20,15; 223,02 ± 22,23 dan 181 ± 28,57 ml per g VS feses untuk perlakuan T1, T2 dan T3. Dari hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan ($P > 0,05$).

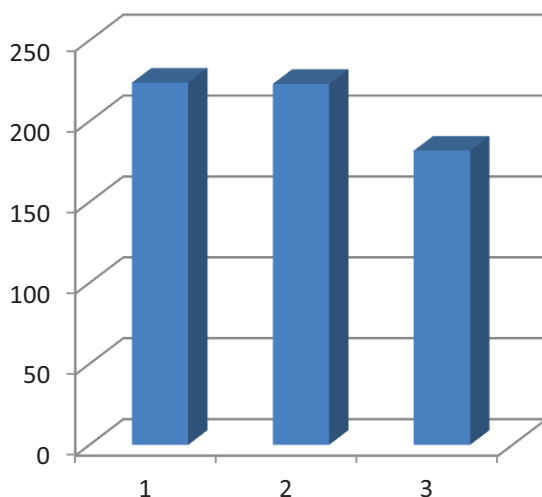


Diagram 1. Total produksi metan sampai pada inkubasi hari ke-35

Tidak berbeda nyatanya produksi metan antar perlakuan ini kemungkinan disebabkan oleh: 1) kandungan nutrisi dan tingkat pencernaan yang relatif sama antar feses yang dihasilkan oleh sapi dari masing-masing perlakuan, 2) Lama inkubasi selama 35 hari memungkinkan mikroorganisme yang terdapat di dalam digester sudah mampu mencerna sebagian besar bahan organik yang terdapat di feses dari masing-masing perlakuan sehingga sebagian besar potensi produksi metan dari feses sudah dapat terecoveri.

Walaupun produksi metan antar perlakuan dari masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata, namun produksi feses harian dari perlakuan T3 lebih tinggi dibandingkan dengan produksi feses dari perlakuan T1 dan T2. Produksi harian feses dari perlakuan T1, T2 dan T3 adalah sebesar 10,08 ± 2,92; 12,47 ± 0,58 dan 14,67 ± 1,09 kg per hari per ekor. Dengan demikian secara akumulatif produksi metan dari perlakuan T3 juga lebih tinggi dibandingkan produksi metan dari perlakuan T1 dan T2. Lebih tingginya produksi feses dari sapi pada perlakuan T3 tidak terlepas dari lebih tingginya konsumsi pakan. Pakan yang digunakan pada penelitian adalah sama baik komposisi ataupun bahan pakan yang digunakan, yang berbeda hanya jumlah pakan yang diberikan pada antar perlakuan. Dengan demikian pakan juga mempunyai palatabilitas yang sama. Ketika volume pakan yang diberikan berbeda sedangkan palatabilitas pakan sama maka pada ternak yang diberikan pakan dengan volume yang lebih tinggi jumlah konsumsinya juga lebih tinggi. Pencernaan pakan pada penelitian ini relatif sama (data tidak ditampilkan) dengan demikian ternak yang mengkonsumsi pakan dengan volume yang lebih tinggi sedangkan kecernaannya sama maka volume feses pada ternak dengan konsumsi yang lebih tinggi maka produksi feses juga lebih tinggi. Konsumsi pakan oleh ternak sendiri dipengaruhi oleh : hewannya sendiri, makanan yang diberikan dan lingkungan tempat hewan tersebut dipelihara [7].

Co-digesti Feses Sapi Madura dengan Limbah Cair Industri Pangan

Kualitas nutrisi yang rendah pada feses ternak menyebabkan produksi metan pada digester biogas yang berbasis manure ternak semata juga rendah. Agar industri biogas berbasis manure ternak dapat bersaing bahan bakar fosil maka diperlukan upaya untuk meningkatkan produksi biogas pada digester tersebut. Angelidaki dan Ellegaard [8] menyatakan bahwa keuntungan ekonomi dapat diperoleh jika produksi metan dari substrate biogas paling tidak sebesar 20 m³/ton substrat. Untuk mencapai kondisi ini digester biogas tidak bisa hanya mengandalkan manure ternak saja sebagai substrate tetapi harus dikombinasikan dengan bahan lain yang mempunyai kandungan nutrisi dan pencernaan yang lebih baik serta potensi produksi biogas yang lebih tinggi dibandingkan dengan manure ternak. Salah satu bahan yang bisa dikombinasikan dengan manure ternak adalah limbah organik dari industri. Angelidaki dan Ellegaard [8], menyatakan bahwa produksi metan dari manure ternak berkisar antara 10-20 m³/ton manure sedangkan produksi metan dari limbah organik dari sektor industri berkisar antara 30-500 m³/ton limbah.

Hasil penelitian Krisdianty [9] menunjukkan bahwa produksi metan dari digester biogas dengan substrate feses sapi Madura yang diencerkan dengan air dengan perbandingan 1 : 1 adalah sebesar 15,33 M³/ton susbtrate/hari. Ketika fungsi air sebagai pelarut feses sapi Madura digantikan dengan whey dengan perbandingan feses dan whey sama yaitu 1 : 1 maka terjadi kenaikan produksi metan sebesar 36,63 M³/ton susbtrate/hari atau terjadi kenaikan produksi sebesar 138,94%. Kondisi operasional digester biogas di atas adalah bekerja pada suhu ruang dengan *hydraulic retention time* (HRT) sebesar 25 hari.

Kesimpulan

Pemberian pakan dengan jumlah berbeda pada ternak sapi Madura tidak

berpengaruh terhadap jumlah produksi metan dari feses yang yang dihasilkan. Tetapi produksi feses pada pemberian pakan yang tinggi menunjukkan jumlah yang tertinggi sehingga secara akumulatif produksi metan pada perlakuan tersebut juga paling besar. Sedangkan emisi metan dari saluran pencernaan sapi menunjukkan bahwa emisi metan pada sapi dengan jumlah pemberian pakan yang tinggi emisi methannya terendah.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro yang telah mendanai kegiatan penelitian ini melalui Hibah Penelitian Pasca Sarjana-Undip Tahun 2015.

Daftar Pustaka

- [1] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1996. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. <http://www.ipcc.ch> (December. 2002).
- [2] IPCC, 2006. Emissions from Livestock and Manure Management. In: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol. 4 (Agriculture, Forestry and Land Use. Kanagawa, Japan).
- [3] Møller, H.B., Moset, V., Brask, M., Weisbjerg, M, R., and Lund, P. 2014. Feces composition and manure derived methane yield from dairy cows: Influence of diet with focus on fat supplement and roughage type. *Atmospheric Environ*, 94 : 36 – 43.
- [4] Brask, M., P. Lund, A.L.F. Hellwing, M. Poulsen, and M.R. Weisbjerg. 2013. Enteric methane production, digestibility and rumen fermentation in dairy cows fed different forages with a without rapeseed fat supplementation. *Animal Feed Sci. Technol.* 184 (1): 67-79.
- [5] Møller, H.B., S.G. Sommer, and B.K. Ahring. 2004. Methane productivity of manure, straw and solid fraction of

- manure. *Biomass Bioenergy* 26, 485–495.
- [6] Yunqin, L., W. Dehan, and W. Lishang. 2010. Biological pretreatment enhances biogas production in the anaerobic digestion of pulp and paper sludge. *Waste Manage. Res.* 28: 800–810.
- [7] Parakkasi, A. 1999. *Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak*. UI-Press, Jakarta.
- [8] Angelidaki, I., Ellegaard, L., 2003. Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 109, 95–105.
- [9] Krisdianty, N., Purnomoadi., Sutaryo. 2014. Pengaruh Penggunaan Whey dan Feses Sapi Madura sebagai Substrat Biogas terhadap Produksi Metan, Kecernaan Bahan Organik dan pH Slurry. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 2, 113-118.

AUDIT LINGKUNGAN INDUSTRI: STUDI KASUS INDUSTRI JAMU PT SIDOMUNCUL KABUPATEN SEMARANG

Azis Nur Bambang dan Henna Rya Sunoko

*Dosen pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana UNDIP*

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk tujuan mempelajari audit lingkungan di Industri Jamu PT Sidomuncul, yaitu meneliti aspek legal, aspek manajemen, aspek teknis dan pengelolaan limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Audit aspek legal sudah memenuhi persyaratan yang ada, mulai dari izin pendirian, izin operasi dan pembuangan limbah. Audit aspek manajemen baru berjalan sebagian. Aspek lingkungan sebenarnya sudah dilakukan, tetapi baru pihak internal sedangkan audit lingkungan yang dilakukan oleh pihak yang terkait belum. Ditinjau dari aspek teknis sebagian besar sudah bagus, tetapi ada beberapa aspek yang perlu disempurnakan. Saran dari aspek manajemen yaitu perlunya pihak manajemen melakukan publikasi ke masyarakat. Selain itu perlu juga menerapkan aturan yang tegas terkait dengan penggunaan alat pelindung diri (APD) bagi karyawan begitu juga bagi tamu yang berkunjung ke pabrik. Limbah cair, ditinjau dari segi teknis perlu selalu diadakan pengecekan secara rutin pada *Unit Waste water Treatment Plant*. Untuk limbah padat sebaiknya semua limbah padat dilakukan pengolahan secara terpadu.

Kata kunci : audit lingkungan, limbah cair, limbah padat, industri jamu.

1. LATAR BELAKANG

PT. Sido Muncul bermula dari sebuah industri rumah tangga pada tahun 1940, dikelola oleh Ibu Rahkmat Sulistio di Yogyakarta, dengan dibantu oleh tiga orang karyawan. Banyaknya permintaan terhadap kemasan jamu yang lebih praktis, mendorong beliau memproduksi jamu dalam bentuk yang praktis (serbuk). Seiring dengan kepindahan beliau ke Semarang, maka pada tahun 1951 didirikan perusahaan sederhana dengan nama Sido Muncul yang berarti "Impian yang terwujud" dengan lokasi di Jl. Mlaten Trenggulun. Dengan produk pertama dan andalan, Jamu Tolak Angin. Produk jamu buatan Ibu Rahkmat mulai mendapat tempat di hati masyarakat sekitar dan permintaannyapun selalu meningkat. Dalam perkembangannya, pabrik yang terletak di Jl. Mlaten Trenggulun ternyata tidak mampu lagi

memenuhi kapasitas produksi yang besar akibat permintaan pasar yang terus meningkat, dan di tahun 1984 pabrik dipindahkan ke Lingkungan Industri Kecil di Jl. Kaligawe, Semarang.

Untuk mengantisipasi kemajuan dimasa datang, dirasa perlu untuk membangun unit pabrik yang lebih besar dan modern, maka di tahun 1997 diadakan peletakan batu pertama pembangunan pabrik baru di Desa Diwak, Bergas Kidul dan Ngempon, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang oleh Sri Sultan Hamengkubuwono ke-10 dan disaksikan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan saat itu, Drs. Wisnu Kaltim. Pabrik baru PT Sido Muncul dibangun diatas lahan seluas 29 hektar. Luas bangunan untuk aktifitas produksi dan kantor sampai saat ini sekitar 5 hektar sedang lahan 24 hektar merupakan tanah perkebunan, pesawahan,

resapan air dan agrowisata. Hal tersebut menjadikan PT. Sido Muncul sebagai industri jamu terbesar di Indonesia Adapun produknya meliputi jamu, farmasi, makanan dan minuman. selain itu juga memproduksi pupuk organik dan herbafarm ternak yang dihasilkan dari limbah jamu tersebut.

Aktifitas PT. Sido Muncul meliputi aktivitas industri, pendukung aktivitas industri dan penanganan limbah industri. Aktivitas produksi di PT. Sido Muncul meliputi beberapa unit proses seperti pembuatan jamu, makanan, minuman dan suplemen. Pendukung aktivitas industri meliputi air, steam, udara, udara bertekanan, kelembaban udara dan lain-lain. Pada tahun 2004 PT. Sido Muncul mengembangkan produk baru berupa makanan dan minuman, produk makanan dan minuman yang diproduksi yaitu kecap, sambal, permen dan mie. Dalam aktivitas industrinya, PT. Sido Muncul menghasilkan dua macam limbah yaitu limbah cair dan limbah padat. Sebagai industri, keberadaan PT. Sido Muncul harus dilengkapi dengan pengolahan limbah yang memungkinkan aktifitas industri yang dilakukan tetap ramah lingkungan.

2. VISI DAN MISI PERUSAHAAN

Visi : Menjadi industri jamu yang dapat memberikan manfaat pada masyarakat dan lingkungan.

Misi :

1. Meningkatkan mutu pelayanan di bidang herbal tradisional.
2. Mengembangkan research / penelitian yang berhubungan dengan pengembangan pengobatan dengan bahan-bahan alami.
3. Meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya membina kesehatan melalui pola hidup sehat, pemakaian bahan-bahan alami dan pengobatan secara tradisional.
4. Ikut mendorong pemerintah / instansi resmi agar lebih berperan dalam pengembangan pengobatan tradisional.

3. FASILITAS PABRIK

Dengan standar pabrik CPOB (Standard pabrik Farmasi), maka fasilitas yang ada di PT. Sido Muncul antara lain :

1. Laboratorium : Laboratorium Instrumentasi, yang mendukung:

- Laboratorium Farmakologi
- Laboratorium Formulasi
- Laboratorium Farmakognosi
- Laboratorium Stabilitas
- Laboratorium Kimia yang dilengkapi peralatan HPLC (High Pressure Liquid Chromatography), GC (Gas Chromatography) dan TLC Scanner (Thin Layer Chromatography). Keseluruhan laboratorium tersebut dibangun di atas lahan seluas 1200 m².

2. Laboratorium Kultur Jaringan
3. Kebun percobaan dan budidaya tanaman obat
4. Extraction Centre
5. Pengolahan air bersih
6. Pengolahan air limbah
7. Perpustakaan
8. Klinik Holistik

4. PROSES PRODUKSI

Proses produksi jamu di PT. Sido Muncul ini yang pertama adalah penerimaan bahan baku, bahan baku yang datang segera dicek QC (*Quality Control*), setelah terbukti memenuhi standar penerimaan dan standar penggunaan kemudian bahan baku dimasukkan ke dalam gudang penyimpanan bahan baku. Bahan baku terdiri dari sekitar 160 jenis, yang berupa akar, biji, batang, daun dan lain-lain yang sebagian besar diambil dari alam dan tergantung dari musim. Jika disatu tempat ada belum tentu ditempat lain ada dan bahkan jika ditempat itu ada akan ada kemungkinan pula hari berikutnya tempat tersebut tidak tersedia bahan baku. Bahan baku diambil dari daerah atau wilayah sekitar pabrik. Dan bahan baku yang diambil adalah bahan baku yang dalam kondisi kering guna penyimpanan yang lebih baik. Bahan bakupun didapat dalam rantai pasar yang panjang sehingga harus dalam kondisi kering. Proses penyimpanan dilakukan digudang penyimpanan. Persediaan bahan baku dengan sistem masuk pertama keluar pertama

“FIFO”. Hal ini dilakukan supaya tidak terjadi bahan baku yang menumpuk atau tersimpan terlalu lama yang berakibat pada rusaknya bahan baku. Dalam ruang penyimpanan bahan baku harus memenuhi syarat :

- Bahan masuk benar
- Bahan baku harus bersih
- Bahan baku harus disimpan dalam bentuk kering

Selain itu dalam tata laksana gudang penyimpanan, yaitu kebersihan gudang harus terjaga dan kelembaban serendah mungkin atau dapat dipastikan kering. Dalam pengendalian kualitas bahan baku yang dilakukan ialah :

- Pemisahan kotoran (penyortiran)
- Pemotongan, guna mempermudah proses penghalusan
- Pencucian kembali untuk memastikan bahan benar-benar bersih.
- Dikeringkan menggunakan oven
- Penyortiran bahan kering, bahan yang berkualitas yang dipilih.

Dalam proses yang dilakukan di atas sebagian besar masih menggunakan jasa sumberdaya manusia karena dalam proses penyortiran akan lebih dapat dijamin kualitasnya jika dilakukan langsung oleh sumberdaya manusia. Namun dalam proses pemotongan dan pengeringan juga menggunakan alat-alat yang masih tradisional. Selain menjaga kualitas digunakannya sumber daya manusia juga bertujuan untuk mendayagunakan warga sekitar agar kualitas hidupnya lebih terjamin dengan adanya lapangan pekerjaan. Bahan baku yang akan dipakai diambil dari gudang penyimpanan bahan baku kemudian disortasi, setelah disortasi kemudian bahan baku dicuci, dikeringkan, digiling, baru kemudian dicampur (*mixing*). Hasil Produksi PT Sido Muncul antara lain:

- Tipe serbuk : Kuku Bima, Kuku Bima Ginseng, Kuku Bima TL, Kuku Bima Plus Tribulus.
- Tipe saset : Tolak Angin, Tolak Angin Ekstra Hangat
- Tipe sachet hisap : Tolak angin Permen

- Tipe Fls : Tolak angin Anak, Tolak Angin Flu
- Tipe Botol : Kuku Bima Ener-G

Kegiatan usaha Industri Obat dan Farmasi PT. Sido Muncul akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan, baik dampak positif maupun dampak negatif. Prinsip dalam pengelolaan lingkungan adalah meminimalkan dampak negatif dan memaksimalkan dampak positif. Dalam aktivitas produksinya PT. Sido Muncul menghasilkan dua jenis limbah yaitu :

4.1. Limbah Padat, yang terdiri dari :

- *Limbah Padat Organik*, disebabkan aktivitas pembuatan jamu instan dan ekstraksi jumlah limbah padat organik ini mencapai 7.000 kg/hari. Limbah padat organik ini dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk organik yang digunakan untuk pemupukan tanaman di lokasi pabrik dan sebagian dimanfaatkan oleh para petani terutama petani binaan serta petani disekitar lingkungan pabrik.
- Limbah padat diolah menjadi Herbaform Bio Organik Fertilizer dan limbah cair diolah menjadi Herbaform Pupuk Bio Organik. Pada tahun 2009 Herbaform mulai diperkenalkan kepada petani di seluruh Indonesia. Pengolahan limbah padat itu yang sudah tertimbun selama 2 tahun, kemudian difermentasi selama 3 minggu, dengan dilakukan pembalikan sebanyak 3 kali. Langkah-langkah:
- Setelah dipermentasi dimasukan ke mesin giling untuk dibuat agar strukturnya remah.
- Dimasukan kemesin mikser dan ditambahkan dengan bahan lain (rahasia perusahaan).
- Kemudian dimasukan lagi kedalam mesin granuler.
- Selanjutnya dimasukan kedalam mesin pengayak, didalam mesin pengayak ini terjadi/ ada pemanasan.
- Langkah berikutnya diadakan pendinginan.
- Kemudian dimasukan lagi keesin sieler.

- Setelah itu dimasukkan lagi kedalam mesin rotary drayer-
- Kemudian dilakukan pengepakan.
- Hasil pengepakan disesuaikan dengan keadaan permintaan pasar.

Limbah Padat Anorganik, disebabkan sarana pendukung produksi seperti plastik dan kertas pembungkus bahan-bahan pendukung produk. Jumlah limbah ini tidak lebih dari 500 kg/hari dan sebagian masih dapat dimanfaatkan kembali. Limbah padat anorganik yang tidak dapat dimanfaatkan kembali dimusnahkan dalam mesin incenerator yang berkapasitas pembakaran 1 m³/jam. Pada tahun 2008 PT Sido Muncul melakukan penelitian limbah jamu yang sebelumnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti batu bara.

4.2. Limbah cair,

Air limbah merupakan salah satu masalah dalam pengendalian dampak lingkungan industri jamu karena memberikan dampak yang luas terhadap lingkungan hal ini disebabkan oleh karakteristik fisik maupun karakteristik kimianya yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Air limbah PT. Sido Muncul, sekitar 90% dihasilkan dari aktivitas pencucian bahan baku jamu, sedang 10% dari pencucian mesin proses dan air limbah domestik. Dilihat dari karakteristiknya air limbah ini yang sebagian besar terdiri dari bahan-bahan organik maka dengan proses penangan air limbah secara kimia dan fisika air limbah ini dapat ditangani dengan baik, yang diperlukan dalam penangan air limbah ini adalah penentuan jenis koagulan dan flokulan serta dosis optimumnya.

Air limbah PT. Sido Muncul dengan jumlah sekitar 130 m³/hari terutama dihasilkan dari proses pencucian bahan baku jamu dan aktivitas pendukung produksi lainnya. Bila dilihat dari karakteristiknya air limbah yang dihasilkan oleh aktifitas proses produksi jamu yang sebagian besar mengandung bahan-bahan organik jenis air limbah organik ini akan tereduksi dengan baik secara kimia atau biologi dibandingkan secara fisika, proses secara kimia bisa berjalan lebih efektif dan efisien tapi memerlukan biaya

operasional yang tinggi. Untuk menjamin terpeliharanya sumber daya air dari pembuangan limbah industri.

Agar dapat memenuhi baku mutu, maka air limbah yang dihasilkan dari aktifitas industri PT. Sido Muncul harus diolah dan pengolahan limbah tersebut memerlukan biaya investasi dan biaya operasi yang tidak sedikit sehingga pengolahan air limbah harus dilakukan secara cermat dan terpadu didalam proses produksi dan setelah proses produksi agar pengendalian berlangsung dengan efektif dan efisien.

5. TUJUAN DAN METODA PENELITIAN

Tujuan Umum :

Secara umum penelitian merupakan salah satu dharma dari Tri Dharma Perguruan Tinggi yang merupakan upaya dari civitas akademika Universitas Diponegoro pada khususnya Program Doktor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana dalam memvisualisasikan kepeduliannya terhadap permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan masyarakat dan kerusakan lingkungan.

Tujuan Khusus :

Penelitian ini dilakukan untuk tujuan mempelajari audit lingkungan di Industri Jamu PT Sidomuncul, yaitu meneliti aspek legal, aspek manajemen, aspek teknis dan pengelolaan limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut.

Penelitian dilakukan dengan cara audit lingkungan di IndustriJamu PT. Sidomunculyaitu:

- a. Pengamatan di lingkunganindustri.
- b. Pengelolaan limbah dalam industri.
- c. Rekomendasipengelolaan limbah.

6. HASIL AUDIT LINGKUNGAN

Aspek-aspek yang menjadi temuan dari pelaksanaan Audit Lingkungan PT Sido Muncul.

6. 1. Aspek Legal

Audit aspek legal tidak ditemukan ketidaksesuaian yang ada di lapangan. Semua aspek legal sudah memenuhi persyaratan yang

ada. Mulai dari ijin pendirian, ijin operasi dan pembuangan limbah.

6. 2. Aspek Manajemen

Aspek Manajemen baru berjalan sebagian. Aspek lingkungan sebenarnya sudah dilakukan, tetapi baru pihak internal sedangkan audit lingkungan yang dilakukan oleh pihak yang terkait belum. Direktur Utama PT Sido Muncul Irwan Hidayat mempersilakan pengelolaan limbah pabriknya diaudit secara menyeluruh oleh pihak berwenang, seperti oleh badan lingkungan hidup (BLH) ataupun Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). "Saya mempersilakan audit pengelolaan limbah pabrik kami," kata Irwan Hidayat pada Jumat (Kontan.co.id 2015).

Semua kegiatan sudah terdokumentasi dengan baik, setiap bulan ada pelaporan, satu tahun sekali diadakan pembaharuan laporan. Mulai dari kegiatan audit energi, audit keuangan dan audit lingkungan. Dokumentasi sudah terekam dengan baik berada di bawah pengawasan pihak manajemen perusahaan. Pada beberapa unit karyawan masih terlihat tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD). Ketidaksesuaian aspek manajemen, masih belum transparannya dalam memberikan informasi kepada publik. Terutama audit lingkungan internal, belum semua informasi yang terkait dengan permasalahan lingkungan disebar luaskan ke masyarakat atau publik.

Rekomendasi:

Pihak manajemen perlu melakukan publikasi ke masyarakat. Selain itu pihak manajemen perlu juga menerapkan aturan yang tegas terkait dengan penggunaan APD bagi karyawan begitu juga bagi tamu yang berkunjung ke pabrik.

6. 3. Aspek Teknis

Secara teknis sebagian besar sudah bagus, tetapi ada beberapa aspek yang perlu disempurnakan. Temuan-temuan pada aspek teknis antara lain:

6.3.1. Unit Waste water Treatment Plant (WWTP)

1. Adanya bau yang menyengat di sekitar WWTP

Rekomendasi: di lakukan treatment untuk menghilangkan bau yang timbul, bau yang

timbul bisa juga karena ada proses yang tidak berjalan dengan sempurna, sehingga diperlukan pengecekan tiap hari di setiap unit. Selain itu bisa juga disekitar lokasi WWTP ditanami tumbuhan yang mempunyai kemampuan menyerap bau, seperti lidah mertua (*Sansiviera*), melati, kamboja, mawar dan lain-lain. Selain bisa mengurangi bau juga didapatkan keindahan atau sisi estetikanya dapat.

2. Pada bak saringan awal (*Screening*) pembersihannya sehari sekali dan secara manual.

Rekomendasi: sebaiknya pembersihan dilakukan tiap hari agar kotoran tidak menumpuk.

3. Beberapa pipa saluran menuju bak equalisasi dan bak aerasi ada yang mengalami penyumbatan sehingga aliran kurang lancar.

Rekomendasi: selalu diadakan pengecekan secara rutin pada pipa-pipa yang menuju ke WWTP agar tidak terjadi penyumbatan.

4. Pada bak aerasi di lakukan penambahan urea untuk memberikan nutrisi bagi mikroorganisme. Penambahan urea tidak menggunakan panduan dan tanpa dilakukan perhitungan sesuai dengan kebutuhan mikroorganisme. Seharusnya dilakukan perhitungan dalam penambahan urea agar mikroorganisme bisa bekerja optimal dan nutrisi sesuai dengan kebutuhan mikroorganisme.

5. Pada bak aerasi (*Aeration Tank*) waktu tinggal limbah tidak sesuai kriteria desain, hanya 1-2 hari (hasil dari wawancara).

Rekomendasi: sebaiknya waktu tinggal disesuaikan dengan kriteria desain yaitu 3-8 hari agar proses yang ada di dalamnya bisa berjalan dengan optimal.

6. *Secondary Clarifier Unit* belum sesuai dengan kriteria desain (hasil wawancara).

7. Warna air limbah masih hitam pekat, sehingga diperlukan analisis untuk mengukur tingkat warna limbah. Selanjutnya dilakukan penuruna warna limbah dengan melakukan treatment, misalnya dengan penambahan koagulan, sebaiknya dipilih koagulan yang sifatnya organik agar residu bisa didegradasi secara alami sehingga tidak membahayakan bagi lingkungan.

8. Pada Bak Sedimentasi perlu dilakukan pembersihan berkala sehingga tidak terjadi

lumpur yang menumpuk di bak dasar sedimentasi.

Rekomensi: perlu dilakukan desain kembali (*redesain*) pada bak klarifier (*Clarifier Tank*).

9. Lumpur masih ada yang belum dimanfaatkan secara optimal. Selama ini sebagian lumpur diresirkulasi dan sebagian lagi masih disimpan di *Sump Tank*. Sebagian lumpur ada yang diolah di penampung lumpur (*Sludge Sump Tank*), tetapi volume masih sedikit.

Rekomendasi: sebaiknya lumpur selalu diolah, tidak menunggu sampai menumpuk. Apabila ditumpuk lumpur lama kelamaan akan berbau. Selain itu lumpur bisa dimanfaatkan untuk pupuk atau pemanfaatan lainnya tetapi hal ini perlu kajian lebih lanjut, apakah lumpur mengandung logam berat atau B3 atau tidak.

10. Pengujian parameter pencemar antara lain BOD, COD dan TSS masih belum rutin. Menurut hasil wawancara hanya satu bulan sekali.

Rekomendasi : Seharusnya pengujian parameter pencemar rutin dilakukan misalnya perhari.

6.3.2. Unit Pengolahan Limbah Padat

Pada unit pengolahan limbah padat sudah cukup bagus operasionalnya. Sebagian besar limbah berupa padatan sudah diolah secara baik. Kegiatan- kegiatan yang dilakukan pada unit pengolahan limbah padat antara lain:

1. Mengolah limbah padat menjadi kompos untuk memupuk tanaman yang ditanam di sekitar pabrik. Selain itu kompos juga dijual pada konsumen.
2. Melakukan pengolahan limbah padat untuk pupuk cair dimana pupuk cair tersebut selain dipasarkan di dalam negeri juga sudah dieksport ke luar negeri antara lain ke Rusia, Jerman dan lain-lain.
3. Melakukan pembuatan botol kemasan yang digunakan untuk pupuk cair dengan kualifikasi yang sudah standar internasional.
4. Melakukan pengujian secara rutin produk-produk yang sudah dihasilkan dari pengolahan limbah padat.

Rekomendasi:

Sebaiknya semua limbah padat dilakukan pengolahan secara terpadu. Selama ini baru sekitar 70 % limbah padat yang diolah, lum sisanya masih ditumpuk pada suatu tempat di sekitar unit pengolahan limbah. Atap yang dipakai untuk menutup limbah padat yang belum diolah sebaiknya menggunakan bahan yang standar karena pada waktu kunjungan di unit tersebut terlihat atap masih menggunakan bahan yang kurang memenuhi standar. Pengujian produk seperti pupuk cair, kompos sebaiknya dilakukan rutin tiap prduk itu dihasilkan, hal ini untuk menjaga kepercayaan konsumen.

6.3.3. Unit Konservasi

Pada unit konservasi perlu diberikan informasi-informasi yang terkait dengan kegiatan yang sudah dilakukan dan koleksi yang ada di unit konservasi. Misalnya informasi tanaman dan hewan yang ada di unit tersebut. Sehingga tamu dan pengunjung bisa mendapatkan informasi yang lengkap tentang hewan dan tumbuhan yang ada di unit konservasi. Perlu diperhatikan keselamatan bagi pengunjung.

7. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Sebagai perusahaan yang bahan bakunya tanaman, PT. Industri Jamu dan farmasi Sido Muncul Tbk tidak ingin kehadirannya menghasilkan limbah yang dapat merusak alam. Oleh karena itu tindakan untuk mengelola limbah yang dihasilkan telah dilakukan. Untuk menangani limbah cair, di lokasi pabrik dipasang instalasi pengolahan air limbah sehingga air limbah dapat diolah menjadi air yang bisa digunakan untuk menyirami tanaman. Sedangkan limbah padat dari buangan sisa ekstraksi, sebagian diolah menjadi pupuk organik, yang bisa digunakan untuk memupuk tanaman. Sebagian yang lain digunakan sebagai bahan bakar untuk digunakan pada boiler.

SARAN

Sebagai perusahaan yang bahan bakunya tanaman, PT. Industri Jamu dan farmasi Sido Muncul Tbk tidak ingin kehadirannya menghasilkan limbah yang dapat merusak alam, oleh karena itu tindakan

untuk mengelola limbah yang dihasilkan telah dilakukan. Untuk menangani limbah cair, di lokasi pabrik dipasang instalasi pengolahan air limbah sehingga air limbah dapat diolah menjadi air yang bisa digunakan untuk menyirami tanaman. Sedangkan limbah padat dari buangan sisa ekstraksi, sebagian diolah menjadi pupuk organik, yang bisa digunakan untuk memupuk tanaman. Sebagian yang lain digunakan sebagai bahan bakar untuk digunakan pada boiler.

DAFTAR PUSTAKA

- BN.B Silalahi dan R. Silalahi, 1995. Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. PT Pustaka Binaman Pressindo. Jakarta.
- Hiperkes dan Keselamatan Kerja. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- International Standard ISO 14001, 2004. EMS Spesification with Guidance For Use. Switzerland.
- ISO, 2004. [http// ISO-14001-forum//blogspot.com](http://ISO-14001-forum.blogspot.com). 1, Juni, 2009.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2010. Panduan Praktis Pelaksanaan Audit Lingkungan Hidup. Deputi Menteri Negara Lingkungan Hidup Bidang Tata Lingkungan. Jkt.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2013. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 03 tahun 2013 tentang Audit Lingkungan Hidup. Jakarta
- Kuhre, W Lee, 1998. Sertifikasi Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001. PT Bukit Terang Paksi Galvanizing. Jakarta.
- Mohammad Nazir, 1988. Metode penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Suma'mur, 1996. Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja. PT. Toko. Gunung Agung. Jakarta.
- Tarwaka, 2008, Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja. Harapan Press. Surakarta

KEMAMPUAN PROTEIN DARI TEPUNG IKAN, DAUN LAMTORO DAN AMPAS TAHU DALAM MENGIKAT MINERAL ZINC

(THE ABILITY OF THE PROTEIN FISH MEAL, LAMTORO LEAVES FLOUR AND TOFU DREGS IN BINDING OF MINERAL ZINC)

Prastiwi W.D.^{1,a} dan A. Muktiani^{1,b *}

¹ Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.

^aemail: anismuktiani@gmail.com

^bemail: wdpustea@gmail.com

ABSTRAK

Masalah defisiensi mineral Zinc (Zn) pada ternak dapat diatasi dengan suplementasi. Oleh karena itu perlu terus dikaji metode pembuatan suplemen mineral Zn menggunakan bahan baku yang mudah didapat. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kemampuan beberapa bahan sumber protein dalam membentuk ikatan dengan mineral Zinc. Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Faktorial 3 x 4 dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah 3 jenis bahan pakan sumber protein yaitu A1= protein hewani (tepung ikan, PK 40,3%), A2= protein hijauan (tepung daun lamtoro, PK 26,8%) dan A3= protein dari limbah industri (ampas tahu, PK 19,7%). Sedangkan faktor kedua adalah 4 rasio kadar N:Zn yang ditambahkan ke dalam bahan baku, yaitu 10:1 ; 8:1 ; 6:1 dan 4:1. Sebagai sumber Zn digunakan ZnO pro analitik (p.a). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh interaksi antara jenis bahan pakan sumber protein dan rasio N:Zn. Semakin tinggi kadar protein suatu bahan pakan dan semakin kecil rasio N:Zn maka jumlah Zn yang terikat pada protein (Zn-proteinat) akan semakin tinggi. Jumlah Zn-proteinat rata-rata pada tepung ikan, tepung daun lamtoro dan ampas tahu masing-masing sebesar 1927, 1422, 1073 mg/kg, sedangkan jumlah Zn-proteinat rata-rata pada rasio N:Zn 10:1 ; 8:1 ; 6:1 dan 4:1 masing-masing sebesar 833, 1029, 1425 dan 2909 mg/kg. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kandungan protein bahan pakan dan semakin banyak Zn yang ditambahkan maka semakin banyak pula Zn-proteinat yang dihasilkan. Pada penelitian selanjutnya perlu dikaji efisiensi daya ikat mineral Zn dengan cara menghitung persentase jumlah Zn-proteinat yang dihasilkan dari jumlah mineral Zn awal yang ditambahkan.

Kata kunci : mineral, Zink-proteinat, supplement, daya ikat.

ABSTRACT

The problems of mineral Zinc (Zn) deficiency in cattle can be overcome with supplementation. Therefore it needs to be evaluated method of making a zinc supplement use raw materials that are easily obtainable. The purpose of this study was to assess the ability of some proteins in the source material forms a bond with the mineral Zinc. The study was designed using 3

x 4 factorial design with 3 replications. The first factor were the 3 types of feed materials ie A1 = protein from animal (fish meal, PK 40.3%), A2 = protein from forage (leaves lamtoro flour, PK 26.8%) and A3 = protein from industrial waste (tofu dregs , PK 19.7%). The second factor were the ratio of the N content 4: Zn were added to the raw material, which is 10: 1; 8: 1; 6: 1 and 4: 1. As the source of Zn was Zink oxide (ZnO) pro analytic (pa). The results showed that there was significant interaction between the type of feed material source of protein and the ratio of N: Zn. The higher the protein content of a feed material and the smaller the ratio of N: Zn, the amount of protein-bound Zn (Zn-proteinat) will be higher. The amount of Zn-proteinat average on fish meal, flour lamtoro leaves and pulp out of each of 1927, 1422, 1073 mg / kg, while the amount of Zn-proteinat average on Rasia N: Zn 10: 1; 8: 1; 6: 1 and 4: 1 respectively by 833, 1029, 1425 and 2909 mg / kg. Based on these results it can be concluded that the higher the protein content of feed ingredients and the more Zn were added so the more Zn-proteinat generated. On the further research is necessary to study the efficiency of mineral Zn power binding by counting the number of Zn-proteinat percentage resulting from the initial amount of Zn minerals are added.

Keywords: mineral, Zink-proteinat, supplement, power binding.

Latar belakang

Kandungan mineral Zn dalam bahan pakan di Indonesia pada umumnya berkisar 20 – 38 mg/kg BK (Adriani *et al.*, 2004), padahal untuk ransum sapi perah seharusnya mengandung minimal 40 mg/kg (NRC, 2001). Little (1986) menyimpulkan bahwa 60% bahan pakan di Indonesia berkadar Zn defisien atau marjinal, atau hanya mengandung setengah dari yang dibutuhkan, sehingga suplementasinya ke dalam ransum sangat dibutuhkan.

Mineral Zn adalah *trace mineral* yang menyusun kurang lebih 300 macam enzim yang berhubungan dengan fungsi protein secara *in vivo*, yaitu metabolisme protein, asam amino, asam nukleat, lemak, karbohidrat dan vitamin (Fu-yu *et al.*, 2007). Mineral Zn juga berperan langsung dalam proses katalistik, sebagai stabilisator dalam struktur protein dan berperan sebagai sistem regulator, contohnya memindahkan gugus logam dari holoenzim pada apoprotein tanpa proses katalistik (Alexandrova *et al.*, 2002). Fungsi Zn dalam meningkatkan produktivitas ternak juga telah dibuktikan oleh Muktiyani *et al.* (2006) yang mendapatkan bahwa suplementasi Zn-proteinat sebanyak 23 grZn/kg ke dalam ransum domba yang mendapatkan ransum dasar berupa limbah

sayur pasar menghasilkan pertambahan bobot badan harian sebesar 138 gr/hr, lebih tinggi dibandingkan kontrol yang hanya sebesar 102 gr/hr.

Spears (1989) dan Ryan *et al.* (2002) mendapatkan bahwa penambahan mineral Zn dalam bentuk organik dapat meningkatkan kandungan Zn dalam plasma darah. Hal ini menunjukkan bahwa pencernaan Zn dalam bentuk senyawa organik lebih tinggi dibanding dalam bentuk sebagai senyawa anorganik. Hni sesuai dengan pendapat McCall *et al.* (2000) yang menyatakan bahwa Zn di dalam tubuh berfungsi dalam bentuk ikatan organik yaitu dengan protein. Bentuk ikatan yang paling sering ditemukan adalah ikatan tetrahedral dimana satu ion Zn mengikat tiga atau empat rantai samping protein. Berdasarkan hal tersebut diduga tingkat inkorporasi (daya ikat) ion Zn berkorelasi dengan kandungan N-protein bahan pakan sumber protein yang digunakan dalam pembuatan mineral organik Zn-proteinat. Selanjutnya berdasarkan bentuk ikatan tetrahedral diduga sekurang-kurangnya dibutuhkan 4 buah N-asam amino untuk setiap ion Zn. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kemampuan beberapa bahan sumber protein dalam membentuk ikatan dengan mineral Zink.

MATERI DAN METODE

Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Faktorial 3 x 4 dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah 3 jenis bahan pakan sumber protein yaitu A1= protein hewani (tepung ikan, PK 40,3%), A2= protein hijauan (tepung daun lamtoro, PK 26,8%) dan A3= protein dari limbah industri (ampas tahu, PK 19,7%). Sedangkan faktor kedua adalah 4 rasio kadar N:Zn yang ditambahkan ke dalam bahan baku, yaitu 10:1 ; 8:1 ; 6:1 dan 4:1. Sebagai sumber Zn digunakan ZnO pro analitik (p.a).

Metode sintesis Zn-proteinat dilakukan dengan cara sebagai berikut : Pertama, semua bahan pakan sumber protein dianalisis proksimat untuk mengetahui kadar protein dan kadar nitrogennya (N). Kadar N dihitung dengan cara kadar protein dibagi dengan 6,25. Masing-masing bahan pakan tersebut digiling halus dan ditempatkan dalam wadah yang berbeda. Pada masing-masing bahan pakan tersebut ditambahkan Zn sesuai perlakuan. Terdapat 12 kombinasi yaitu 3 bahan pakan dan 4 tingkat perbandingan N: Zn, yang masing-masing kombinasi diulang 3 kali, sehingga terdapat 36 sampel.

Ke dalam bahan ditambahkan air 3 - 6 kali tergantung sifat bahan pakan yang digunakan (berat/volume) sampai semua bahan terendam air. Larutan dibiarkan selama 24 jam sambil dilakukan pengadukan setiap 3 jam sekali agar terjadi reaksi pengikatan antara protein dan ion Zn^{2+} . Setelah 24 jam air rendaman dibuang dengan cara menyaring dengan kain kasa, selanjutnya produk Zn proteinat dikeringkan pada suhu 60°C atau dibawah sinar matahari.

Produk Zn-proteinat yang terbentuk selanjutnya dianalisis kadar mineral Zn-nya untuk mengetahui tingkat inkorporasi (daya ikat) Zn pada bahan pakan dengan terlebih dahulu diendapkan proteinnya menggunakan larutan TCA 20%. Selanjutnya endapan yang terbentuk dianalisa kadar Zn-nya dengan *atomic absorbtion spectrophotometer* (AAS) sesuai metode SNI (SNI, 2004). Data kadar Zn yang diperoleh kemudian diolah secara statistik untuk mengetahui pengaruh perlakuan dan dilanjutkan dengan

uji Duncans untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (Steel dan Torry, 1981).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kadar Protein dan Zinc Bahan Pakan

Kadar bahan kering (BK), protein kasar (PK) dan Nitrogen (N) ketiga bahan pakan tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar bahan kering (BK), protein kasar (PK) dan Nitrogen (N) bahan pakan penelitian.

No	Bahan pakan	BK (%)	PK (%)	N (%)	Zn (mg/kg)
1	Tepung Ikan	91.23	41.30	6.61	74.4
2	Tepung Daun Lamtoro	91.17	26.72	4.28	17.5
3	Ampas tahu	88.61	19.72	3.16	53.7

Terlihat tepung ikan dan tepung daun lamtoro memiliki kadar protein diatas 20%, sedangkan ampas tahu sedikit dibawah 20% namun masih tergolong tinggi kandungan proteinnya. Sesuai dengan pengelompokan bahan pakan menurut nomenklatur bahan makanan internasional, bahan pakan tersebut diatas dapat digolongkan ke dalam bahan pakan sumber protein (Hartadi *et al.*, 2005). Kandungan Zn tepung ikan dan ampas tahu cukup tinggi dan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai suplemen Zn pada ransum ruminansia yang membutuhkan Zn 20-40 mg/kg, namun tepung daun lamtoro masih harus ditingkatkan lagi kadarnya.

Kadar Zn organik (Zn-proteinat) masing-masing bahan pakan setelah proses inkorporasi dengan ZnO (anorganik) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Zn proteinat setelah proses inkorporasi ZnO.

Rasio N : Zn	T. Ikan	TD Lamtoro	A. Tahu	Rataan
----- mg/kg -----				
10 : 1	1181 ^c	919 ^c	399 ^c	833
8 : 1	1489 ^c	1011 ^c	587 ^c	1029
6 : 1	1968 ^b	1145 ^c	1163 ^c	1425
4 : 1	3070 ^a	2614 ^a	2143 ^b	2609
Rataan	1927	1422	1073	

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh interaksi antara jenis bahan pakan sumber protein dan rasio N:Zn. Semakin tinggi kadar protein suatu bahan pakan dan semakin besar rasio N:Zn maka jumlah Zn yang terikat pada protein (Zn-proteinat) akan semakin tinggi. Hal ini dapat dimengerti karena mayoritas (82%) ion Zn dan protein berikatan dengan bentuk tetrahedral, yaitu satu molekul Zn akan mengikat 4 nitrogen (Heiserman (1992). Tepung ikan menghasilkan ikatan Zn dengan protein yang paling tinggi, karena sebagai protein hewani tepung ikan mengandung asam amino yang paling lengkap. Asam amino yang paling sering ditemukan dalam ikatan protein dengan Zn adalah Sistein, Histidin, Glutamat, Tirosin dan Arginin (Wang *et al.* (2010).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kandungan protein bahan pakan dan semakin banyak Zn yang ditambahkan maka semakin banyak pula Zn-proteinat yang dihasilkan. Pada penelitian selanjutnya perlu dikaji efisiensi daya ikat mineral Zn dengan cara menghitung persentasi jumlah Zn-proteinat yang dihasilkan dari jumlah mineral Zn awal yang ditambahkan.

Referensi

- [1] Adriani, A. Sudono, T. Sutardi, IK. Utama, dan W. Manalu. 2004. Pengaruh Superovulasi dan Suplementasi Mineral Seng Dalam Ransum Pada Induk Kambing Terhadap Pertumbuhan Anaknya. J. Pengembangan Peternakan Tropis, 29 : 177-183.
- [2] National Research Council. 2001. Nutrien Requirments of Dairy Cattle. 7th Revised Edition. National Academic Press, Washington DC.
- [3] Little, D.A. 1986. The mineral content of ruminant fedds and the potential for supplementation in South-East Asia with particular reference to Indonesia. In : Ruminant feeding system utilizing fibrous agricultural residues. R.M. Dixon ed. International Development Programe of Australian University and Colleges, Canbera.
- [4] Fu-yu, Xin., H. Ming-hai, L. Wen-li, L. Yan-qin, W. Ling-ling, S. Jie and Z. Ji-feng. 2007. Effect of different levels of zinc on blood physiological and biochemical parameters in stud holstein bulls. Chinnese J. Anim Nutr., 5 : 19
- [5] Alexandrova, R., G. Rashkova, D. Salkova, dan I. Sainova. 2002. Something more about zinc. Experimental Pathology and Parasitology, 8 : 17-24.
- [6] Muktiani, A., B.I.M. Tampubolon dan J. Achmadi. 2006. Teknologi Pengolahan Limbah Sayuran Sebagai Pakan Ruminansia Serta Upaya Detoksifikasi Logam Berat Melalui Suplementasi Alginat dan Mineral Organik. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun I. Direktorat P3M Ditjen Dikti Departemen Pendidikan Nasional.

- [7] Spears, J.W. 1989. Zinc methionine for ruminants : relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. J. Anim. Sci., 67 : 835-843.
- [8] Ryan, J.P., Pat Kearns and Teresa Guinn. 2002. Bioavailability of dietary copper and zinc in adult texel sheep : a comparative study of the effects of sulphate and bioplex supplementation. Irish J. Vet., 55 : 221-224.
- [9] McCall, K.A., C. Huang and C.A. Fierke. 2000. Function and Mechanism of Zinc Metalloenzymes. The Journal of Nutrition. pp. 1437s-1446s.
- [10] Standar Nasional Indonesia (SNI). 2004. SNI 06-6992.8. Cara Uji Seng (Zn) secara Destruksi Asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [11] Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1981. Principle and Procedures of Statistic. Mc Grow Hill Book Co. Inc. NY.
- [12] Hartadi, H., S. Reksohadiprodjo, dan Tillman, A.D. 2005. Tabel Komposisi Pakan Untuk Indonesia. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [13] Heiserman, David L. 1992. "Element 30 : Zink". *Exploring Chemical Elements and their Compounds*. New York : TAB Books. Pp. 123-124. ISBN 0-8306-3018-X.
- [14] Wang, C., R. Vernon, O. Lange, M. Tyka, and D. Baker. 2010. Prediction of structure of zinc-binding proteins through explicit modeling of metal coordination geometry. J. Protein Sciences . Vol. 19 : 494-506. DOI : 10.1002/pro.327.

PENGARUH PEMBERIAN COMPLETE FEED KERING YANG BERBEDA KUALITAS DAN SUPLEMENTASI MINERAL ORGANIK TERHADAP PERTUMBUHAN ANAK KAMBING BETINA LEPAS SAPIH (THE EFFECT OF FEEDING DRY COMPLETE FEED WITH DIFFERENT QUALITY AND SUPPLEMENTATION OF ORGANIC MINERAL ON GROWTH OF WEANING FEMALE KIDS)

Muktiani, A.^{1,a *} dan E. Kusumanti^{1,b}

¹ Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.

^aemail: anismuktiani@gmail.com

^bemail: kusumanty@yahoo.com

Abstrak

Kambing biasanya membutuhkan pakan rambanan berupa daun-daunan segar, namun pada musim kemarau pakan tersebut sulit didapat. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah penyediaan pakan yang tidak kontinyu sepanjang tahun adalah dengan pemberian *complete feed* kering. Tujuan penelitian ini adalah menemukan kualitas *complete feed* kering yang tepat, serta mengkaji pengaruh suplementasi mineral organik terhadap pertumbuhan kambing Peranakan Etawa (PE) betina lepas sapih. Penelitian menggunakan 16 ekor kambing PE betina lepas sapih (umur 4 bulan). Penelitian disusun berdasarkan Pola Faktorial 2x2 dengan 4 kali ulangan. Faktor I adalah 2 level kualitas ransum dengan kandungan protein kasar (PK), *total digestible nutrients* (TDN) dan *neutral detergent fiber* (NDF) yang berbeda, yaitu P1 = PK 14%, TDN 63%, NDF 42%, P2 = PK 16%, TDN 65%, NDF 40%. Sedangkan Faktor II adalah tanpa suplementasi dan suplementasi mineral Zn 20 ppm + Se 0,1 ppm. Percobaan dilakukan selama 18 minggu. Hasil penelitian mendapatkan bahwa kambing PE betina lepas sapih membutuhkan waktu 6 minggu untuk beradaptasi dengan ransum berupa *complete feed* kering. Terdapat pengaruh interaksi antara kualitas pakan dan suplementasi mineral terhadap konsumsi bahan kering dan pertambahan bobot badan. Konsumsi bahan kering kambing PE betina lepas sapih masing-masing perlakuan P1 ; P1+(Zn dan Se) ; P2 ; P2+(Zn dan Se) berturut-turut sebesar 429,07 ; 481,23 ; 533,39 dan 540,52 gram/hari, sedangkan pertambahan bobot badan berturut-turut sebesar 32,72 ; 36,43 ; 52,71 dan 63,82 gram/hari. Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah *complete feed* kering yang baik untuk pertumbuhan anak kambing PE betina mengandung PK 16%, TDN 67%, NDF 40%. Suplementasi Zn dan Se mampu mencegah penurunan bobot badan pada awal pemberian *complete feed* kering.

Kata kunci : anak kambing PE betina, *complete feed*, konsumsi, pertambahan bobot badan.

Abstract

Goats usually require feed in the form of fresh leaves, but in the dry season it is difficult to obtain this feed. One effort to overcome the problem was the provision of dry complete feed. The purpose of this research was to find a quality of dry complete feed, and to assess the effect of organic mineral supplementation on growth of weaning female kids. This study used 16 weaning female kids of Peranakan Etawa (age 4 months). Research compiled based factorial pattern 2x2 with four replications. The first factor was two level quality ration with the different crude protein (CP), total digestible nutrients (TDN) and neutral detergent fiber (NDF), ie P1 = CP 14% TDN 63%, NDF 42%, P2 = CP 16 %, TDN 65%, NDF 40%. While the second factor was without supplementation and supplementation of minerals Zn 20 ppm + 0.1 ppm Se. Experiments conducted over 16 weeks. Results of the study found that weaning female kids takes 6 weeks to adapt the ration in form of dry complete feed. There was an interaction effect between the quality of feed and mineral supplementation on dry matter intake but not on body weight gain. Dry matter intake weaning female kids each treatment P1 ; P1+(Zn and Se) ; P2 and P2+(Zn and Se) respectively at 429.07; 481.23; 533.39 and 540.52 g /day, while the body weight gain in a row amounted to 32.72; 36.43; 52.71 and 63.82 g /day, the average of P1 34.58 g/day and P2 58.26 g/day. In conclusion, the dry complete feed that good for weaning female kids of Peranakan Etawa contain crude protein 16%, 63% TDN, NDF 40%. Zn and Se supplementation resulted in body weight gain were not different .

Keywords: Peranakan Etawa, weaning female kids, complete feed, body weight gain.

Latar belakang

Kambing termasuk hewan peramban (browser) yang memakan daun-daunan, namun pada musim kemarau ketersediaan pakan tersebut sangat terbatas. Oleh karena itu perlu diupayakan pakan alternatif yang tersedia sepanjang tahun. Pemberian pakan berupa *complete feed* kering merupakan solusi yang tepat. *Complete feed* adalah pakan yang mampu memenuhi kebutuhan nutrient dan diberikan sebagai satu-satunya pakan tanpa ada penambahan substansi lain kecuali air. *Complete feed* adalah perpaduan antara pakan penguat dan sumber serat [1]. Keunggulan dari *complete feed* antara lain menghemat tenaga kerja, mudah diaplikasikan, praktis dan ekonomis serta dapat disimpan dalam waktu lama [2].

Di Indonesia jenis kambing perah yang banyak dikembangkan adalah kambing Peranakan Ettawah (PE), yaitu merupakan keturunan kambing Ettawah dari India yang dikawinkan dengan kambing kacang. Kambing Peranakan Ettawah (PE) mempunyai kemampuan memproduksi susu

yang tidak berbeda dengan kambing Ettawah, yaitu menghasilkan susu sebanyak 1,5 — 3,7 kg/hari [3], namun di dataran rendah produksi susu kambing PE rata-rata kurang dari 1 kg/hari, yaitu sebesar 194,4 g/hari [4] dan sebesar 572 g/hari [5]. Hal ini disebabkan oleh kegagalan adaptasi induk kambing terhadap lingkungan, oleh karena itu upaya pengembangan kambing perah di dataran rendah harus dimulai dengan pemeliharaan anak kambing betina calon induk agar dapat beradaptasi, baik terhadap suhu lingkungan maupun pakan yang sesuai dengan kebutuhan nutriennya. Komposisi nutrisi *complete feed* untuk keperluan pemeliharaan anak, penggemukan dan pembibitan berbeda, terutama pada kandungan protein kasar (PK) dan *total digestible nutrients* (TDN) [1].

Suplementasi mineral Zinc (Zn) perlu dilakukan, karena kandungan mineral seng dalam bahan pakan di Indonesia pada umumnya berkisar 20 – 38 mg/kg BK [6], padahal kebutuhan untuk ternak perah minimal 40 mg/kg [7]. Selenium dalam

bentuk fisiologisnya sebagai Gluthation peroksidase (GSH-Px) berperan memproteksi sel dan sub seluler dari kerusakan oksidatif, dengan jalan mereduksi senyawa oksidatif menjadi senyawa lain yang aman bagi sel [8]. Selenium juga berperan dalam keberhasilan reproduksi ternak, defisiensi Se pada ternak betina dapat menyebabkan kemandulan [9]. Kebutuhan Se dalam ransum ternak kambing sebesar.

Tujuan penelitian ini adalah menemukan komposisi dan kualitas pakan yang tepat, serta mengkaji pengaruh suplementasi mineral organik terhadap kambing PE betina lepas sapih guna mendukung pertumbuhan yang optimal dalam mencapai dewasa kelamin.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di kandang percobaan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro Semarang. Enambelas ekor kambing PE betina lepas sapih berbobot $12,85 \pm 1,85$ kg digunakan dalam percobaan ini. Penelitian disusun berdasarkan Rancangan Faktorial 2×2 dengan 4 kali ulangan. Faktor I adalah kualitas pakan dengan kandungan protein kasar ((PK), *total digestible nutrients* (TDN) dan *neutral detergent fiber* (NDF) yang berbeda, yaitu :

P1 = PK 14%, TDN 63%, kadar NDF 42% .

P2 = PK 16%, TDN 65%, kadar NDF 40%.

Sedangkan Faktor II adalah tanpa suplementasi dan suplementasi mineral Zn 20 ppm + Se 0,1 ppm. Susunan ransum perlakuan seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi dan kandungan nutrient pakan percobaan

Bahan Pakan	Ransum Perlakuan	
	P1	P2
	----- % -----	
Dedak	26	20
Onggok	14	15
Pollard	10	12
Bungkil Kedelai	5	11
Bungkil kelapa	8	10
Molases	2	2
Jerami Jagung	20	17,5
Daun Gamal	15	12,5
Jumlah	100	100
Kandungan nutrien :		
Protein kasar	14.23	16.89
<i>Total Digestible Nutrients</i> (TDN)	62.58	65.30
Serat kasar	19.06	17.75
Lemak kasar	5.21	5.09
Abu	9.11	8.28
Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN)		
	52.39	52.76
<i>Neutral Detergent Fiber</i> (NDF)	42.34	40.11
<i>Acid Detergen Fiber</i> (ADF)	26.02	23.96

Mineral Zn dan Se yang digunakan adalah Zn-proteinat dan Se-proteinat produksi Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Pakan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro. Percobaan dilakukan selama 16 minggu dengan didahului masa pendahuluan selama 2 minggu. Parameter yang diamati adalah konsumsi bahan kering pakan dan pertambahan bobot badan.

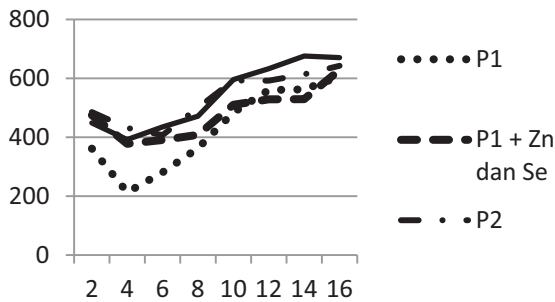
Semua data yang diperoleh dianalisis secara statistik untuk menggunakan analisis ragam dan apabila terdapat perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji kontras orthogonal [10].

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Konsumsi Pakan

Pola konsumsi kambing PE betina lepas sapih pada penelitian ini disajikan pada Ilustrasi 1. Terlihat bahwa konsumsi pakan selama 6 minggu pertama menurun, selanjutnya mulai meningkat pada minggu ke 8. Hal ini menunjukkan bahwa anak kambing lepas sapih membutuhkan waktu minimal 6 minggu untuk beradaptasi dengan pakan kering. Pemberian pakan kering akan memacu pertumbuhan rumen baik secara fisik maupun kimiawi, namun kemampuan mencerna serat yang belum sempurna kambing PE betina lepas sapih menyebabkan lambatnya pengosongan rumen sehingga

tingkat konsumsi juga masih tergolong rendah.



Ilustrasi 1. Pola konsumsi kambing perlakuan

Pemberian ransum yang berbeda kualitas menghasilkan konsumsi bahan kering ransum yang berbeda nyata ($P < 0,05$), seperti terlihat pada Tabel 2. Pengujian statistik menunjukkan interaksi yang nyata antara kualitas ransum dengan suplementasi mineral Zn dan Se. Ransum berkualitas tinggi (P2) menghasilkan konsumsi BK yang lebih tinggi. Suplementasi Zn dan Se pada ransum berkualitas rendah menghasilkan konsumsi BK yang lebih baik, namun tidak berpengaruh pada ransum berkualitas baik.

Tabel 2. Konsumsi BK kambing PE betina lepas sapih akibat pengaruh perlakuan.

Suplementasi	Ransum		Rata-rata
	P1	P2	
	gram/hari		
Tanpa suplemen	429,07 ^a	533,39 ^c	481,23
Zn + Se	481,23 ^b	540,52 ^c	510,87
Rata-rata	455,15	536,95	

Superskrip pada baris dan kolom yang sama menggunakan huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Hasil penelitian [11] mendapatkan konsumsi kambing PE sebesar 670,93-790,22 g/ekor/hari, lebih tinggi dibanding hasil penelitian ini. Hal ini disebabkan perbedaan jenis kelamin, bobot badan kambing percobaan dan jenis pakan yang digunakan.

2. Pertambahan bobot badan

Pertambahan bobot badan kambing akibat pengaruh perlakuan kualitas pakan dan suplementasi mineral disajikan pada Tabel 3. Hasil pengujian statistik mendapatkan bahwa perbedaan kualitas ransum berpengaruh nyata terhadap pertambahan bobot badan ($P < 0,05$), namun perlakuan suplementasi mineral tidak berpengaruh nyata. Ransum berkualitas baik (P2) menghasilkan pertambahan bobot badan yang lebih tinggi dibanding ransum berkualitas sedang (P1).

Tabel 3. Pertambahan bobot badan kambing selama perlakuan.

Suplementasi	Ransum		Rata-rata
	P1	P2	
	gram/hari		
Tanpa suplemen	32,72	52,71	42,72
Zn + Se	36,43	63,82	50,12
Rata-rata	34,58 ^a	58,26 ^b	

Superskrip pada baris dan kolom yang sama menggunakan huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Pertambahan bobot badan kambing PE betina lepas sapih pada penelitian ini tergolong normal. Pertambahan bobot badan kambing yang dipelihara semi intensif berkisar antara 30-50 gram/ ekor/hari [12], sedangkan hasil penelitian lain menunjukkan kambing betina berbobot 18-19 kg yang diberi pakan tambahan berupa kulit buah kakao dan daun gamal menghasilkan pertambahan bobot badan antara 52,33 dan 70,42 gram/hari [13]. Perbedaan pertambahan bobot badan dengan penelitian terdahulu dikarenakan perbedaan umur dan bobot badan awal.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah bahwa kambing

betina lepas sapih dapat tumbuh dengan baik dengan diberi *complete feed* kering berkadar PK 16%, TDN 65%, NDF 40% dan ADF 24%. Suplementasi Zn dan Se menghasilkan pertambahan bobot badan yang tidak berbeda.

Referensi

- [1] Hardianto, R. Teknologi Pembuatan Pakan Lengkap untuk Kambing dan Domba. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur. (2006)
- [2] Riwantoro. Teknologi Pakan Lengkap Solusi bagi Permasalahan Pakan Ternak Domba dan Kambing. <http://www.disnak.jabar.go.id>. (2007)
- [3] Budiarsana, I.G.M. dan I.K. Utama. Efisiensi Produksi Susu Kambing Peranakan Ettawah. Pros. Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner. Bogor 17-18 September 2001 : 417-434.
- [4] Mulyati. Produkdi Susu dan Komponen Lemak Susu Kambing Peranakan Ettawah Akibat Penghembusan Udara Sejuk. Program Studi Magister Ilmu Ternak (Thesis). Universitas Diponegoro, Semarang. (2006)
- [5] Sambodho, P. Tingkah Laku Makan Kambing Peranakan Ettawah Pada Masa Adaptasi Dari Lingkungan Sejuk ke Panas dan Sebaliknya. Program Studi Magister Ilmu Ternak (Thesis). Universitas Diponegoro. (2007)
- [6] Adriani, A. Sudono, T. Sutardi, IK. Utama, dan W. Manalu. Pengaruh Superovulasi dan Suplementasi Mineral Seng Dalam Ransum Pada Induk Kambing Terhadap Pertumbuhan Anaknya. J. Pengembangan Peternakan Tropis, 29 (2004) 177-183.
- [7] National Research Council. Nutrien Requirments of Dairy Cattle. 7th Revised Edition. National Academic Press, Washington DC. (2001)
- [8] Groff, J.L. and S.S. Gropper. Advanced Nutrition an Human Metabolism. Third Edition. Wadsworth Thomson Learning. Brlmont, CA. USA. (2000)
- [9] Arthur, J.R. Non-glutathione Peroxidase Functions of Selenium. Pp. 143-154. In : Biotechnology in Feed Industry. Proc. Althech's 13th Annual Symposium. T.P. Lyons and K.A. Jacques eds. Nottingham University Press, Nottingham. (1997)
- [10] Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. Principles and Procedures of Statistic. Mc Grow Hill Book Co. Inc. N.Y. (1981)
- [11] Iswoyo dan Widianingrum. Pengaruh jarak waktu pemberian pakan konsentrat dan hijauan terhadap produktivitas kambing Peranakan Etawah lepas sapih. Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan IX (2008): 70-74
- [12] Mulyono, S. dan B. Sarwono. Penggemukan Kambing Potong. Penebar Swadaya Swadaya, Jakarta. (2004)
- [13] Munier, F.F. Bobot hidup kambing betina peranakan etawah (PE) yang diberikan pakan tambahan daun gamal (*Gliricidia sepium*) dan kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. (2010)

PENGARUH METODE PEMBERIAN DAN SUMBER PROTEIN PAKAN BERBEDA TERHADAP KONSUMSI SERTA PRODUKSI PROTEIN SUSU PADA KAMBING PERANAKAN ETTAWA

H. S. Widodo, Sudjatmogo, A. Muktiani dan T.H. Suprayogi

Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro

Email : hermawan.sw.13@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode pemberian pakan serta sumber protein pakan yang berbeda terhadap konsumsi protein kasar (PK) pakan dan produksi protein susu pada kambing Peranakan Ettawa (PE). Enam belas ekor kambing PE diberikan perlakuan secara Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan meliputi : T1= Metode pemberian dipisah dengan sumber protein bungkil kedelai; T2= Metode pemberian *Total Mixed Rations* dengan sumber protein bungkil kedelai; T3 = Metode pemberian dipisah dengan sumber protein tepung ikan; T4 = Metode pemberian *Total Mixed Rations* dengan sumber protein tepung ikan. Pakan diberikan dengan isoPK 17% dan isoTDN 68% dengan rasio 50% hijauan 50% konsentrat selama 21 hari. Parameter yang diukur adalah konsumsi PK pakan dan produksi protein susu. Hasil yang diperoleh selanjutnya diuji ANOVA dan dilanjutkan uji kontras. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan tidak menyebabkan perbedaan nyata pada konsumsi PK pakan ($P>0,05$). Produksi protein susu hasil perlakuan didapatkan adanya perbedaan signifikan ($P<0,05$). Metode pemberian pakan tidak menyebabkan perbedaan pada konsumsi PK pakan dan produksi protein susu. Sumber protein pakan menyebabkan perbedaan produksi protein namun tidak pada konsumsi PK pakan. Disimpulkan bahwa kambing PE yang diberi pakan dengan sumber protein tepung ikan dan metode pemberian secara *Total Mixed Rations* dapat meningkatkan produksi protein susu.

Kata kunci : Kambing Peranakan Ettawa, *Total Mixed Rations*, Protein susu.

ABSTRACT

The study was aimed to determine the effect of feeding methods and different protein sources on crude protein (CP) intake as well as milk protein production in Ettawa Crossbreed goats. Sixteen goats were administered in completely randomized design with 4 treatments and 4 replications. The treatments were T1= Separated feeding method with soy bean meal as protein source; T2= Total Mixed Rations with soy bean meal as protein source; T3= Separated feeding method with fish meal as protein source; T4= Total Mixed Rations with fish meal as protein source. The feed was formulated in isoCP 17% and isoTDN 68% with forage to concentrate ratio 50:50 on 21 days. Observed parameter were CP intake and milk protein production. Collected data were analized by ANOVA and contrast orthogonal test. Results of the study showed that treatments were administered not significantly affected to CP intake ($P>0.05$). Milk protein production was significantly different ($P<0.05$). Feeding method did not affected to CP intake nor milk protein

production. Protein source affected to milk protein production, but did not CP intake. Concluded that Ettawa Corssbreed goats administered by fish meal as protein source and Total Mixed Rations as feeding method may increased milk protein production.

Keywords : Ettawa Crossbreed goats, Total Mixed Rations, Milk protein.

PENDAHULUAN

Kambing PE memiliki keunggulan diantaranya produksi susu yang relatif tinggi serta kualitas lebih baik daripada bangsa lain. Aspek kualitas dapat dinilai dari kandungan nutrien di dalam susu, salah satunya protein. Protein dalam susu dibentuk melalui metabolisme asam-asam amino yang diserap dalam intestinum. Asam amino tersebut berasal dari protein pakan yang lolos degradasi rumen dan biomassa mikroba rumen. Proses produksi protein susu tidak optimal jika keseimbangan asam amino pakan tidak tercapai. Asam amino pembatas produksi protein susu adalah lisin dan metionin. Asam amino yang tidak terpakai akan dikatabolisme menjadi urea kemudian dimanfaatkan kembali atau diekskresikan. Peningkatan secara kualitas dan kuantitas suplai asam amino dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi protein susu. Kuantitas asam amino dapat ditingkatkan melalui optimalisasi pembentukan mikroba rumen. Kualitas asam amino ditingkatkan melalui suplai yang seimbang. Suplai asam amino yang seimbang dapat dilakukan melalui penambahan dalam bahan pakan atau penggunaan sumber protein pakan berasal dari hewani (Malleson *et al.*, 2008).

Optimalisasi pembentukan mikroba rumen dapat ditingkatkan melalui rekayasa dalam metode pemberian pakan. Peternak pada umumnya memberikan pakan dengan dipisah (PSH) antara hijauan dan konsentrat. Metode tersebut dapat memberikan dampak negatif yakni *fluks* produksi amoniak, sehingga tidak termanfaatkan dan dirubah menjadi urea di hati. Metode pemberian pakan secara digabung antara hijauan dan konsentrat (*Total Mixed Rations* / TMR) dapat mengoptimalkan kinerja rumen untuk

memproduksi mikroba. Metode tersebut mempertemukan amoniak hijauan dan *Volatile Fatty Acids* (VFA) konsentrat yang cepat dihasilkan pada degradasi awal, begitupula VFA hijauan dan amoniak konsentrat yang dihasilkan lambat pada degradasi berikutnya (Geerets *et al.*, 2004). Imbangan asam amino dapat ditingkatkan melalui sumber protein pakan. Sumber protein nabati seperti bungkil kedelai memiliki kandungan lisin yang tinggi. Tepung ikan dapat digunakan sebagai sumber protein yang lebih baik karena mengandung asam amino yang lebih seimbang dan dapat bertahan dari degradasi rumen karena kandungan lemaknya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa substitusi bungkil kedelai dengan tepung ikan dapat meningkatkan produksi protein di dalam susu (Arriola Apelo *et al.*, 2014).

Kajian mengenai peningkatan kuantitas dan kualitas asam amino menjadi tantangan kedepan untuk kualitas produksi yang lebih baik (Varga, 2010). Gabungan antara dua aspek tersebut diharapkan dapat meningkatkan produksi protein pada ternak, terlebih kajian mengenai hal tersebut pada ternak kambing perah masih jarang khususnya kambing Peranakan Ettawa.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Peternakan Kambing Perah di desa Purwomartani, kecamatan Kalasan, kabupaten Sleman. Enambelas ekor kambing betina laktasi yang digunakan pada bulan, periode laktasi dan jumlah anak sama. Bobot badan rata-rata $43,09 \pm 0,88$ kg (CV 2,04%) dan produksi susu $735,50 \pm 65,28$ g/hari (CV 8,88%). Model Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat kombinasi pelakuan antara aspek metode pemberian pakan dan sumber protein

dengan 4 ulangan. Perlakuan yang diberikan adalah :

T1 = Metode pemberian pakan PSH dengan sumber protein bungkil kedelai;

T2 = Metode pemberian pakan TMR dengan sumber protein bungkil kedelai;

T3 = Metode pemberian pakan PSH dengan sumber protein tepung ikan;

T4 = Metode pemberian pakan TMR dengan sumber protein tepung ikan.

Tabel 1. Komposisi ransum dan kandungan nutrisi pada ransum perlakuan dalam 100% bahan kering.

	Ransum Perlakuan	
	T1 dan T2	T3 dan T4
	----- % -----	
Bahan Pakan		
Rumput Gajah	50,00	50,00
Dedak	6,50	5,04
Kulit Ari Kedelai	10,00	13,50
<i>Pollard</i>	2,00	13,00
Bungkil Kedelai	8,00	0,96
Bungkil Kopra	18,00	7,00
Tepung Ikan	-	5,00
Molases	4,00	4,00
Mineral	1,50	1,50
Nutrien		
Protein Kasar	17,44	17,17
Lemak Kasar	4,12	2,78
Serat Kasar	32,45	33,24
Abu	7,55	7,22
Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen	36,93	38,08
<i>Total Digestible Nutrients</i>	68,30	69,40
Bahan Organik	92,45	92,78

Ransum yang diberikan berupa rumput gajah kering hasil pemotongan umur 20 hari dicacah ukuran 1cm. Konsentrat dari dedak, kulit ari kedelai, tepung ikan, *pollard*, bungkil kedelai, bungkil kopra, molases dan mineral. Rasio rumput gajah dan konsentrat dalam bahan kering adalah 50:50 dengan kadar isoPK 17% dan isoTDN 68%. Formulasi ransum perlakuan penelitian disajikan dalam Tabel 1. Ransum perlakuan diberikan pada ternak selama 35 hari dan diberikan sebanyak 2 kali dalam sehari pada pukul 06.00 dan 18.00. Konsentrat diberikan terlebih dahulu lalu rumput gajah 3 jam kemudian pada perlakuan pemberian pakan PSH. Metode pemberian pakan TMR diberikan dengan campuran yang homogen

antara rumput gajah dan konsentrat. Air minum diberikan secara *ad libitum*. Pakan pemberian dan sisa dihitung kadar BK setiap hari dan dihitung konsumsi protein kasar. Produksi susu diukur setiap hari dan diambil sampel setiap minggu untuk analisis kadar protein susu menggunakan alat *Lactoscan*.

Data hasil penelitian kemudian dilakukan analisis sidik ragam. Apabila terdapat perlakuan yang signifikan ($P < 0,05$), dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) serta Polinomial Orthogonal untuk mengetahui pengaruh metode pemberian pakan (T1&T3 vs T2&T4) dan sumber protein (T1&T2 vs T3&T4) (Steel and Torrie, 1989).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan terhadap konsumsi protein kasar pakan tidak menyebabkan perbedaan signifikan ($P>0,05$). Konsumsi protein kasar tidak dipengaruhi oleh perlakuan dapat disebabkan karena kualitas ransum yang diberikan memiliki kualitas sama. Serat kasar menyebabkan *rate of passage* pakan di dalam saluran pencernaan. Kualitas ransum termasuk di dalamnya kadar serat kasar relatif

menyebabkan proses pencernaan yang sama pula. Energi yang ditampilkan melalui kadar TDN dapat berlaku sebagai pembatas konsumsi pakan (Gorgulu *et al.*, 2008). Kadar TDN yang sama dapat pula menyebabkan tidak berbedanya konsumsi karena faktor pembatas yang setara. Data mengenai konsumsi protein kasar ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsumsi protein dan produksi protein susu

Parameter	Perlakuan				Kontras	
	T1	T2	T3	T4	1-3vs2-4	1-2vs3-4
Pakan						
Konsumsi PK (g/hari)	121,94	107,05	113,61	129,06	ns	ns
Susu						
Kadar protein ¹ (%)	3,15	3,05	2,93	3,04	ns	ns
Jumlah protein ¹ (g)	12,88 ^b	12,13 ^b	12,87 ^b	15,60 ^a	ns	*

Keterangan : PK=Protein kasar; *=Signifikan ($P<0,05$); ns=Non Signifikan ($P>0,05$).

Superskrip 1. Rata-rata dari tiga kali pengujian; Superskrip huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P<0,05$).

Perlakuan yang diberikan terhadap parameter kadar protein susu tidak menyebabkan perbedaan signifikan ($P>0,05$). Susu merupakan suspensi antara komponen pembentuk (protein, lemak, laktosa, vitamin dan mineral) dengan air. Ketidaksignifikanan kadar protein susu oleh perlakuan dapat

terjadi akibat kelarutan protein dalam susu. Kadar protein susu dapat menurun pada saat produksi tinggi (Raimondo *et al.*, 2013). Kambing dalam percobaan berada dalam kondisi produksi puncak, sehingga kadar protein relatif rendah dan tidak berbeda nyata.

Tabel 3. Jumlah produksi protein susu

Faktor		Metode Pemberian Pakan		Rata-rata
		PSH	TMR	
----- g -----				
Sumber Protein	Bungkil Kedelai	12,88	12,13	12,51 ^b
	Tepung Ikan	12,87	15,69	14,28 ^a
	Rata-rata	12,88	13,91	13,40

Keterangan : PSH=Dipisahkan; TMR=*Total Mixed Rations*; Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$).

Perlakuan penelitian terhadap jumlah produksi protein susu berpengaruh signifikan ($P < 0,05$). Perlakuan T4 lebih banyak menghasilkan protein susu daripada T1, T3 dan T2 (Tabel 2). Hasil uji kontras menunjukkan bahwa aspek perlakuan yang berpengaruh secara signifikan adalah sumber protein pakan (Tabel 3). Suplasi asam amino ternak ruminansia berasal dari biomassa mikroba rumen dan protein pakan yang lolos degradasi rumen (AFRC, 2007). Protein mikroba dapat menyuplai asam amino pembentuk protein susu. Protein berasal dari mikroba terdapat kekurangan karena ketidakseimbangan asam amino yang dikandung (Blair, 2011). Suplai asam amino seimbang disuplai oleh protein pakan lolos degradasi yang berasal dari sumber protein hewani. Menyeimbangkan asam amino yang diserap intestinal dapat meningkatkan produksi protein susu (Haque *et al.*, 2015). Hasil tersebut menunjukkan faktor pembatas produksi protein susu karena ketidakseimbangan asam amino lisin dan metionin dapat diminimalisir. Suplai asam amino untuk produksi protein susu yang lebih berimbang pada tepung ikan memberikan keunggulan daripada bungkil kedelai (Malleeson *et al.*, 2008).

SIMPULAN DAN SARAN

Konsumsi protein kasar tidak dipengaruhi perlakuan, namun produksi protein susu dipengaruhi secara signifikan. Aspek metode pemberian pakan tidak

mempengaruhi konsumsi protein maupun produksi protein susu. Aspek sumber protein tidak mempengaruhi konsumsi protein, namun mempengaruhi produksi protein susu. Perlakuan pemberian pakan secara TMR dan sumber protein dari tepung ikan dapat meningkatkan produksi susu.

DAFTAR PUSTAKA

- AFRC. 2007. Energy and Protein Requirements of Ruminants, An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, United Kingdom.
- Arriola Apelo S.I., J.R. Knapp and M.D. Hanigan. 2014. Invited review: Current representation and future trends of predicting amino acid utilization in the lactating dairy cow. *J. of Dairy Sci.* **97** :4000–4017.
- Blair, R. 2011. Nutrition and Feeding of Organic Cattle. CAB International, United Kingdom.
- Geerts, N.E., D.L. DeBrabander, J.M. Vanacker, J.L. DeBoever and S.M. Botterman. 2004. Milk urea concentration as affected by complete diet feeding and protein balance in the rumen of dairy cattle. *Livestock Prod. Sci.* **85** : 263 – 273.

- Gorgulu, M., S. Yurtseven. H.R. Kultu and U. Serbester. 2008. Effects of grain and protein sources on diet preferences, milk yield and milk composition of choice-fed German fawn x Hair crossbreed goats in mild lactation. *J. of Anim. and Vet. Adv.* **7** (10) : 1241 – 1251.
- Haque, M.N., J. Guinard-Flament, P. Lamberton, C. Mustière and S. Lemosquet. 2015. Changes in mammary metabolism in response to the provision of an ideal amino acid profile at 2 levels of metabolizable protein supply in dairy cows: Consequences on efficiency. *J. of Dairy Sci.* **98** :3951–3968.
- Malleson, E.R., R. Meeske, L.J. Erasmus, W.A. Van Niekerk and R.J. Coertze. 2008. Fish meal supplementation to early lactation Jersey cowsgrazing ryegrass pasture. *SouthAfrican J. of Anim. Sci.* **38** (4) : 331 – 341.
- Raimondo, R.F.S., F.B. Brandespim, A.P.M. Prina, S.I. Miyashiro, J.P.E. Saut, C.S. Mori, F.C. Pogliani and E.H. Birgel Junior. 2013. Dynamic in the concentration of whey proteins in the mammary secretion of goats during dry period. *Small Rum. Res.* **113** : 239 – 246.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1989. Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to The Biological Sciences. McGraw-Hill Book Company, Incorporation., New York.
- Varga, G.A. 2010. Why Use Metabolizable Protein for Ration Balancing?. <http://articles.extension.org/pages/26135/why-use-metabolizable-protein-for-ration-balancing#.VkKkE3P-LqA> (Diakses pada 2 November 2015).

KAJIAN HUBUNGAN TEKSTUR DAN HARA SEDIMEN SERTA PERAIRAN TERHADAP PRODUKSI RUMPUT LAUT *Gracillaria verrucosa* DI TAMBAK DESA RANDUSANGA KULON, KECAMATAN BREBES.

Iskandar Agung

Mahasiswa Program Pasca Sarjana Magister Manajemen Sumberdaya Pantai (MSDP),
Universitas Diponegoro, Semarang
iskandaragung@gmail.com

ABSTRAK

Penurunan kualitas lahan tambak akibat intensifikasi budidaya udang di era 80-90 an, mengakibatkan penurunan daya dukung lahan yang menyebabkan sulitnya pembudidayaan mengusahakan kembali lahan yang dimiliki untuk budidaya udang. Sejak tahun 2003, mulai dikenalkan komoditas baru rumput laut *Gracillaria verrucosa* yang ditanam di tambak. Data luasan tambak yang ditanami rumput laut sampai dengan tahun 2014 sudah mencapai 1.527 hektar dari total 12.748 Ha tambak di Kabupaten Brebes. Perkembangan yang cukup pesat tidak diimbangi perbaikan kualitas bibit, sehingga mulai muncul kendala penurunan produktivitas rumput laut. Selain bibit indikator penyebab penurunan produktivitas diduga juga disebabkan penurunan daya dukung lahan, seperti kondisi tanah dasar/sedimen, kualitas air, unsur hara dan beberapa parameter lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk : 1). mengkaji hubungan tekstur dan hara sedimen terhadap produksi rumput laut. 2). mengkaji hubungan hara dan parameter perairan terhadap produksi rumput laut *Gracillaria verrucosa* di Tambak. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dan dilaksanakan selama 2 periode musim, yaitu bulan Juni – Juli 2014 (musim kemarau) dan bulan Desember 2014 – Januari 2015 (musim hujan). Lokasi yang dipilih di kawasan sentra budidaya rumput laut di Desa Randusanga Kulon, Kecamatan Brebes dengan mengambil 6 titik stasiun pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan adanya keterkaitan hubungan antara jenis tekstur dan kandungan hara sedimen dengan produksi rumput laut, demikian pula dari pengukuran hara dan parameter kualitas perairan juga memiliki keterkaitan yang cukup kuat terhadap produksi rumput laut.

Kata kunci : Tekstur dan Hara Sedimen, Hara Perairan, Rumput Laut *Gracillaria verrucosa* , Tambak, Kecamatan Brebes

ABSTRACT

Brebes Regency has the potential of aquaculture is high enough to reach the 12 748 hectares of pond area. A decline in soil quality due to the intensification of shrimp farming in an era 80-90, resulting in a decrease in the carrying capacity of the land is causing the difficulty farmers cultivate land held back for shrimp farming. Seeing this condition, since 2003, began to be introduced new commodities *gracillaria verrucosa* seaweed grown in ponds. Data area planted seaweed farms until 2014 has reached 1,527 hectares. Fairly rapid growth not matched improvements in the quality of seeds, so that began to emerge constraints seaweed decreased productivity. In addition to an indication of the cause of decreased productivity seeds allegedly also caused a decrease in the carrying capacity of the land, such as the basic conditions of soil / sediment, water quality, nutrients and some other parameters. This study aims to: 1). examines the relationship between texture and nutrient sediment towards seaweed production. 2). examines the relationship between nutrients and parameters of waters against *gracillaria verrucosa* seaweed production in the ponds. This study used a descriptive approach and implemented during the second period of the season, the month of June -

July 2014 (dry season) and in December 2014 - January 2015 (rainy season). The location was chosen in the central region of seaweed farming in the village of Randusanga Kulon, Brebes to take a 6 point observation stations. The results showed an association relationship between the type of texture and nutrient content of the sediments with the production of seaweed, as well as from measurements of nutrient and water quality parameters also have a fairly strong linkages to the production of seaweed.

Keywords: Sediment Texture and Hara, Hara Water, Seaweed *Gracillaria verrucosa*, ponds, Brebes

PENDAHULUAN

Kabupaten Brebes memiliki potensi budidaya tambak yang cukup tinggi. Luas tambak keseluruhan mencapai 12.748 hektar (Dinas Kelautan dan Perikanan Kab. Brebes, 2013) yang membentang di 5 kecamatan pantura. Sejalan dengan penurunan kualitas lahan akibat intensifikasi budidaya udang di era 80-90 an, mengakibatkan penurunan daya dukung lahan yang menyebabkan sulitnya pembudidaya mengusahakan kembali lahan yang dimiliki untuk budidaya udang.

Melihat kondisi demikian, sejak tahun 2003, pemerintah Kabupaten Brebes mulai mengenalkan komoditas baru rumput laut *Gracillaria verrucosa* yang ditanam di tambak. Saat ini usaha budidaya rumput laut terus berkembang dengan cepat. Data luasan tambak yang ditanami rumput laut sampai dengan tahun 2014 sudah mencapai 1.527 hektar.

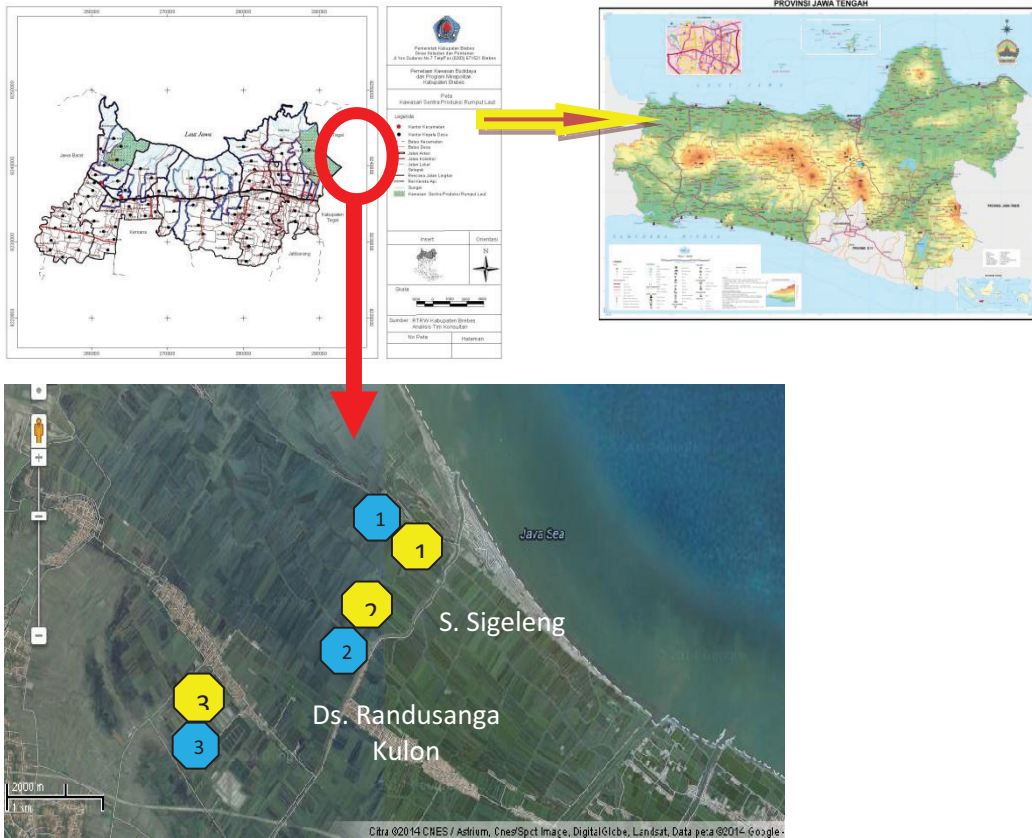
Perkembangan yang cukup pesat tidak diimbangi perbaikan kualitas bibit, sehingga saat ini kendala mulai muncul dengan terjadinya penurunan produktivitas rumput laut tiap hektarnya. Indikasi penyebab penurunan produktivitas, selain kualitas bibit diduga juga disebabkan penurunan daya dukung lahan budidaya rumput laut, seperti kondisi tanah dasar/sedimen, kualitas air, unsur hara dan beberapa parameter lainnya.

Penelitian ini bertujuan untuk : 1). mengkaji hubungan tekstur dan hara sedimen terhadap produksi rumput laut. 2). mengkaji hubungan hara dan parameter perairan terhadap produksi rumput laut *Gracillaria verrucosa* di Tambak.

METODE PENELITIAN

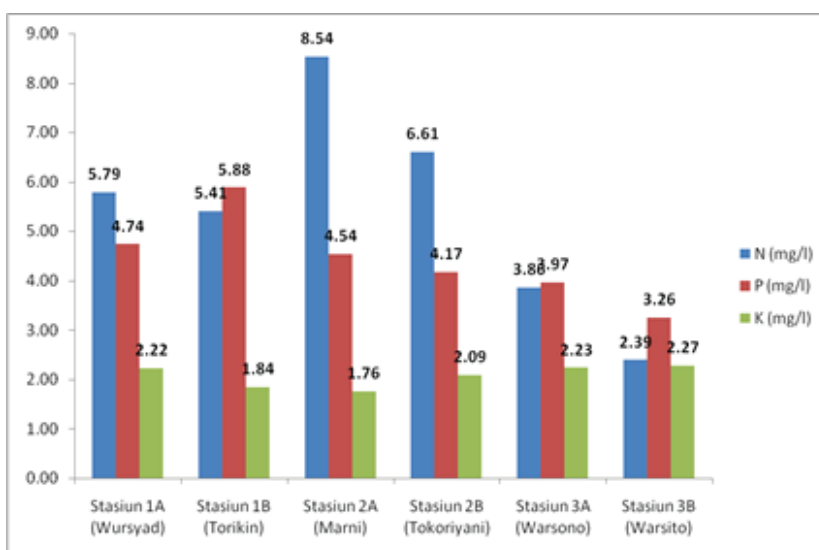
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dan telah dilaksanakan selama 2 periode musim, yaitu bulan Juni – Juli 2014 (musim kemarau) dan bulan Desember 2014 – Januari 2015 (musim hujan). Lokasi yang dipilih di kawasan sentra budidaya rumput laut di Desa Randusanga Kulon, Kecamatan Brebes dengan mengambil 6 titik stasiun pengamatan. Pemilihan lokasi didasari pertimbangan keterwakilan lokasi jarak dari tepi pantai ke arah darat dan pertimbangan lokasi yang memiliki tingkat produktivitas yang berbeda. Data yang diambil/diukur meliputi tanah/sedimen dasar tambak (tekstur, kandungan hara), sampel air (kandungan hara) dan pengukuran parameter kualitas air lainnya seperti : Suhu, Salinitas, pH, DO dan Turbidity. Data produksi rumput laut selama 5 musim tanam terakhir diperoleh melalui pengisian kuisioner oleh pemilik tambak di lokasi sampling. Data pendukung lain adalah data pasang surut yang diperoleh dari LANAL Tegal dan data curah hujan dari BMKG Tegal. Analisa tanah/sedimen dan air dilakukan di Laboratorium. Hasil laboratorium dan pengukuran in situ akan dianalisis dengan statistik Uji Corelation Pearson dan Uji Regresi Berganda Multivariate untuk mengetahui keterkaitan/hubungan dan pengaruh antara parameter tersebut dengan hasil produksi rumput laut (produktivitas).

Lokasi penelitian tergambar dari peta Kabupaten Brebes, Jawa Tengah berikut :

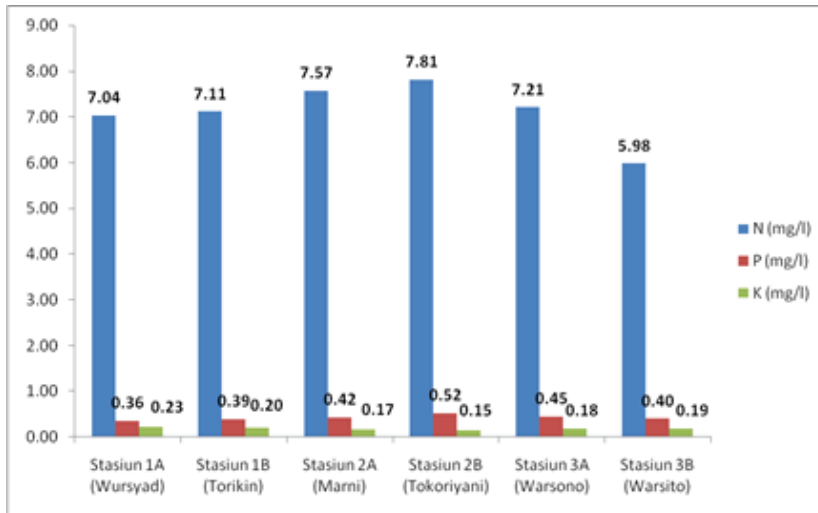


HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengukuran Kandungan Nutrien Air (N,P dan K)

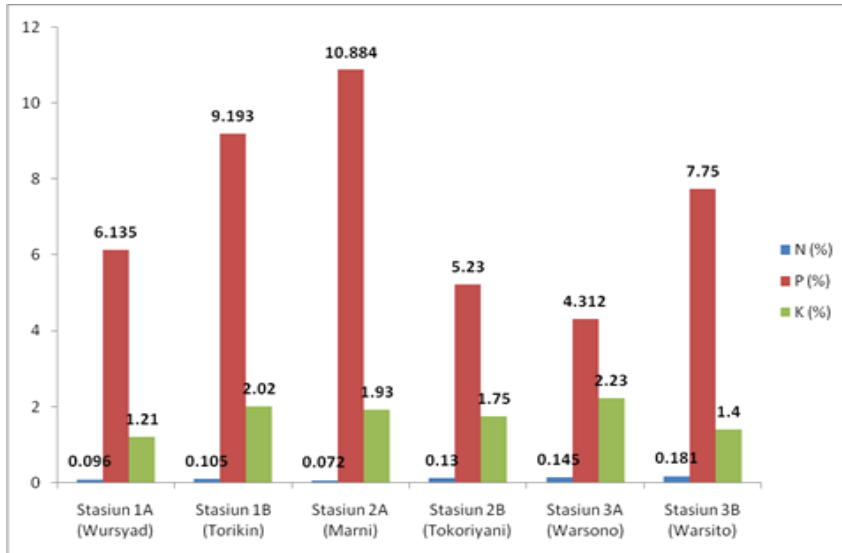


MUSIM KEMARAU (Juni 2014)

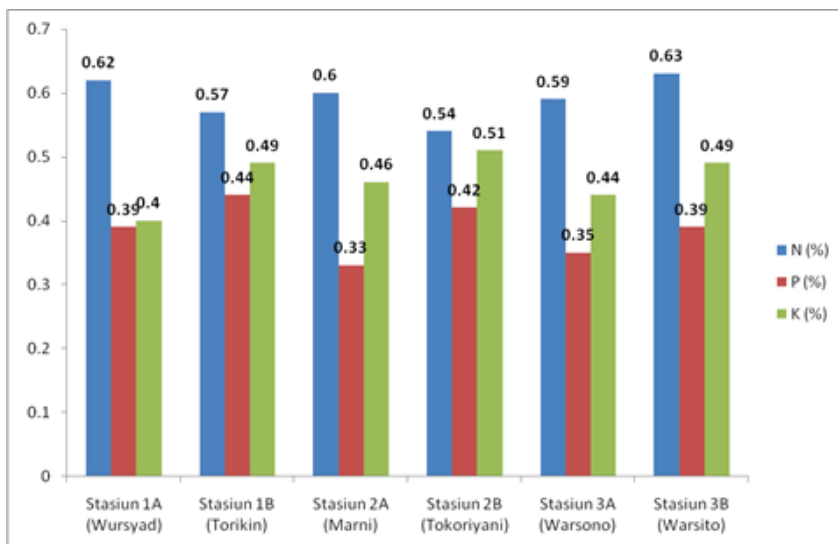


MUSIM HUJAN (Desember 2014)

2. Hasil Pengukuran Kandungan Nutrien Tanah (N,P dan K)

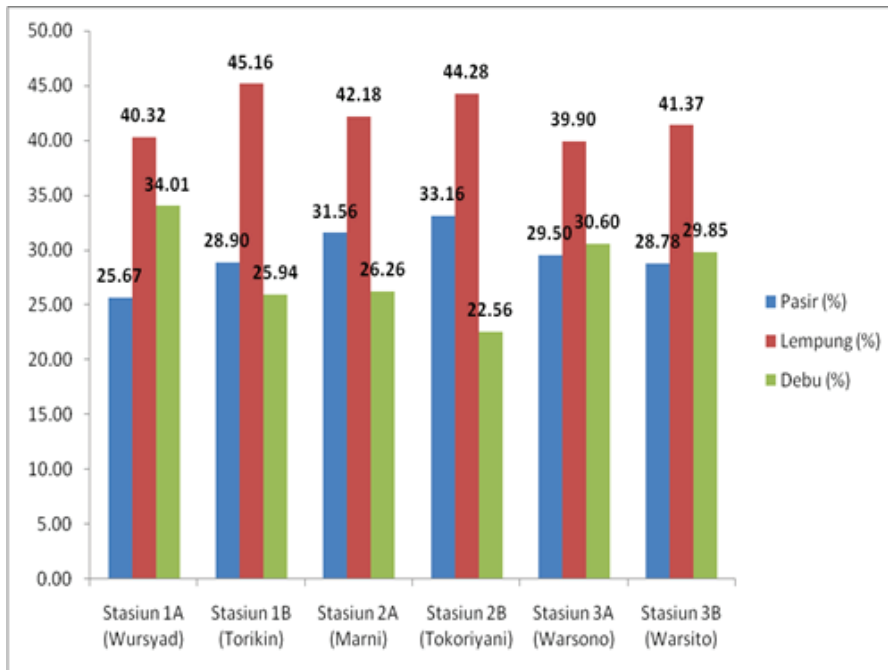


MUSIM KEMARAU (Juni 2014)

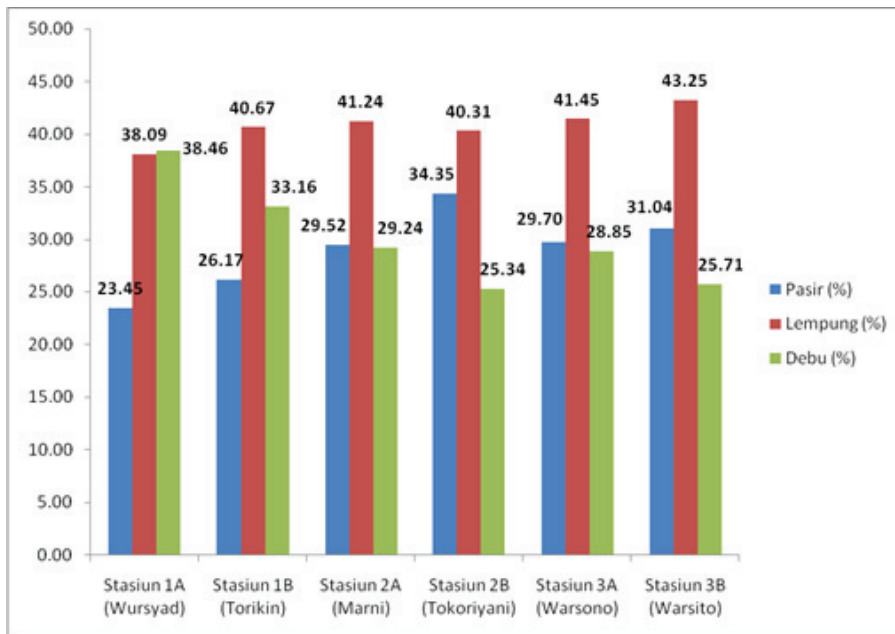


MUSIM HUJAN (Desember 2014)

3. Hasil Pengukuran Jenis Tekstur Tanah / Sedimen

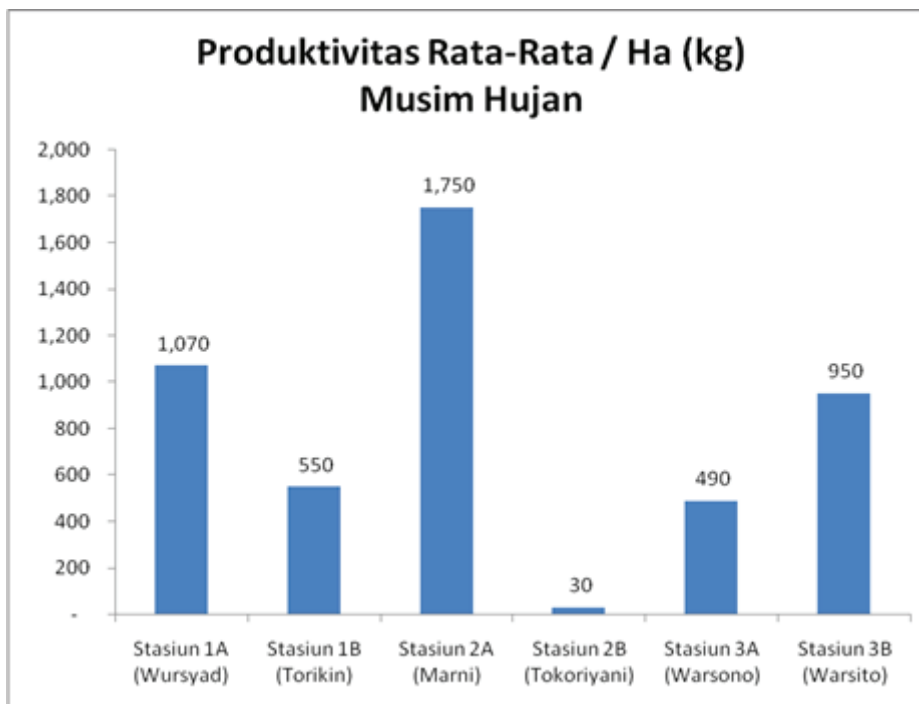
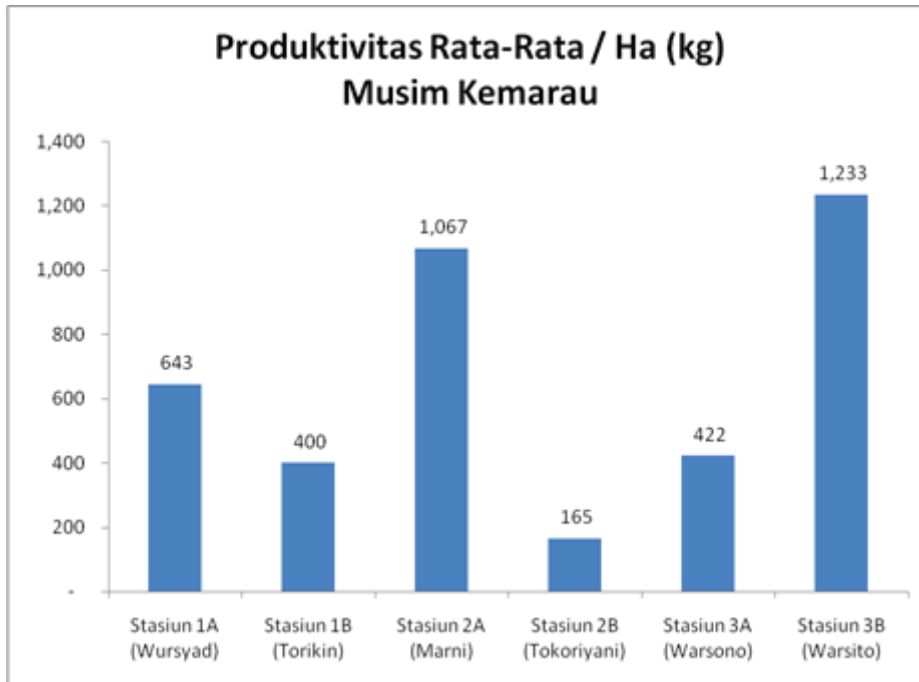


MUSIM KEMARAU (Juni 2014)



MUSIM HUJAN (Desember 2014)

4. Hasil Wawancara Produktivitas Rumput Laut di Lokasi Penelitian



PEMBAHASAN

1. Analisa Hubungan Parameter Sedimen/Tanah dan Air dengan Produktivitas
Analisa hubungan parameter-parameter dengan tingkat produktivitas

dilakukan dengan menggunakan analisa statistik bivariante *Uji Correlation Pearson* dengan hasil sebagai berikut :

No	Parameter	Nilai Sig (2-tailed)	Nilai Sig (2-tailed)	Ket
		Bln Juni 2014 (Kemarau)	Bln Des 2014 (Hujan)	
1	Tekstur Sedimen/Hara :			
	- Pasir	0,679	0,451	
	- Lempung	0,450	0,922	
	- Debu	0,511	0,595	
2	Nutrien Sedimen/Tanah			
	- N	0,836	0.134	
	- P	0,234	0.158	
	- K	0,463	0.391	
3	Nutrien Air			
	- N	0,770	0,744	
	- P	0,405	0,216	
	- K	0,992	0,579	

Dari hasil analisa menunjukkan nilai sig (2-tailed) seluruh parameter $> 0,05$, hal ini berarti tidak ada korelasi dari seluruh parameter terhadap produktivitas rumput laut. Bila dilihat dari masing-masing parameter terlihat

2. Analisa Pengaruh Parameter Tekstur dan Hara Sedimen/Tanah dan Hara Air terhadap Produktivitas Rumput Laut
Analisa statistik dilakukan dengan Uji Anova Regresi Linier Berganda Multivariate dengan hasil analisa sebagai berikut :
1. Pengaruh Pasir, Lempung, Debu Terhadap Produktivitas Rumput Laut (Musim Kemarau / Juni 2014)
Dari output Anova didapatkan hasil nilai signifikansi $0,784 > 0,05$, sehingga tidak

ada pengaruh signifikan antara Pasir, Debu dan Lempung terhadap produktivitas rumput laut musim kemarau secara simultan atau serentak. Dari output Coefficients didapatkan nilai sig pada variabel lempung dan debu $> 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara Pasir, Debu dan Lempung terhadap produktivitas rumput laut musim kemarau secara parsial atau sendiri-sendiri. Dari koefisien B dapat diketahui bahwa variabel yang memberikan pengaruh / sumbangan positif yaitu debu sebesar 5,505. Pada output excluded variabel diketahui bahwa variabel pasir dikeluarkan, hal ini berarti data variabel pasir tidak layak digunakan untuk regresi.

Kesimpulan : Tidak Ada Pengaruh Tekstur Sedimen/Tanah (Pasir, Lempung dan Debu) dengan Produktivitas Rumput Laut (Musim Kemarau / Juni 2014)

2. Pengaruh Pasir, Lempung, Debu Terhadap Produktivitas Rumput Laut (Musim Hujan / Desember 2014)

Dari output Anova didapatkan hasil nilai signifikansi $0,636 > 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara pasir, debu dan lempung terhadap produktivitas rumput laut musim hujan secara simultan atau serentak.

Dari output Coefficients didapatkan nilai sig pada variabel lempung dan debu $> 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara Pasir, Debu dan Lempung terhadap produktivitas rumput laut musim hujan secara parsial atau sendiri-sendiri

Dari koefisien B dapat diketahui bahwa variabel yang memberikan pengaruh / sumbangan positif yaitu lempung sebesar 240,195

Pada output excluded variabel diketahui bahwa variabel pasir dikeluarkan, hal ini berarti data variabel pasir tidak layak digunakan untuk regresi.

Kesimpulan : Tidak Ada Pengaruh Tekstur Sedimen/Tanah (Pasir, Lempung dan Debu) dengan Produktivitas Rumput Laut (Musim Hujan / Desember 2014)

3. Pengaruh N, P, K Tanah Terhadap Produktivitas Rumput Laut (Musim Kemarau / Juni 2014)

Dari output Anova didapatkan hasil nilai signifikansi $0,468 > 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara N, P dan K tanah terhadap produktivitas rumput laut musim kemarau secara simultan atau serentak.

Dari output Coefficients didapatkan nilai sig pada variabel N, P dan K tanah $> 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara N, P dan K tanah terhadap produktivitas rumput laut

musim kemarau secara parsial atau sendiri-sendiri

Dari koefisien B dapat diketahui bahwa variabel yang memberikan pengaruh / sumbangan positif yaitu N sebesar 5079,760

Kesimpulan : Tidak Ada Pengaruh N, P Dan K Sedimen/Tanah dengan Produktivitas Rumput Laut (Musim Kemarau / Juni 2014)

4. Pengaruh N, P, K Tanah Terhadap Produktivitas Rumput Laut (Musim Hujan / Desember 2014)

Dari output Anova didapatkan hasil nilai signifikansi $0,507 > 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara N, P dan K tanah terhadap produktivitas rumput laut musim hujan secara simultan atau serentak.

Dari output Coefficients didapatkan nilai sig pada variabel N, P dan K tanah $> 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara N, P dan K tanah terhadap produktivitas rumput laut musim hujan secara parsial atau sendiri-sendiri

Dari koefisien B dapat diketahui bahwa variabel yang memberikan pengaruh / sumbangan positif yaitu N sebesar 9299,181

Kesimpulan : Tidak Ada Pengaruh N, P Dan K Sedimen/Tanah dengan Produktivitas Rumput Laut (Musim Hujan / Desember 2014)

5. Pengaruh N, P, K Air Terhadap Produktivitas Rumput Laut (Musim Kemarau / Juni 2014)

Dari output Anova didapatkan hasil nilai signifikansi $0,752 > 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara N, P dan K air terhadap produktivitas rumput laut musim kemarau secara simultan atau serentak.

Dari output Coefficients didapatkan nilai sig pada variabel N, P dan K air $> 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara N, P dan K air terhadap produktivitas rumput laut musim kemarau secara parsial atau sendiri-sendiri

Dari koefisien B dapat diketahui bahwa variabel yang memberikan pengaruh / sumbangan negatif yaitu N sebesar - 78,595

Kesimpulan : Tidak Ada Pengaruh N, P Dan K Air dengan Produktivitas Rumput Laut (Musim Kemarau / Juni 2014)

6. Pengaruh N, P, K Air Terhadap Produktivitas Rumput Laut (Musim Hujan / Desember 2014)

Dari output Anova didapatkan hasil nilai signifikansi $0,352 > 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara N, P dan K air terhadap produktivitas rumput laut musim hujan secara simultan atau serentak.

Dari output Coefficients didapatkan nilai sig pada variabel N, P dan K air $> 0,05$, sehingga tidak ada pengaruh signifikan antara N, P dan K air terhadap produktivitas rumput laut musim hujan secara parsial atau sendiri-sendiri

Dari koefisien B dapat diketahui bahwa variabel yang memberikan pengaruh / sumbangan positif yaitu N sebesar 289,450

Kesimpulan : Tidak Ada Pengaruh N, P Dan K Air dengan Produktivitas Rumput Laut (Musim Hujan / Desember 2014)

KESIMPULAN

Hasil analisa hubungan yang dilakukan menunjukkan ketidak terkaitannya parameter-parameter yang diuji baik tekstur sedimen/tanah, hara sedimen/tanah maupun hara air terhadap produktivitas rumput laut di Tambak Desa Randusanga Kulon, Kec. Brebes baik pada musim kemarau (Juni 2014) maupun hujan (Desember 2014).

Hasil analisa pengaruh menunjukkan bahwa dari ketiga jenis tekstur, yaitu pasir, lempung dan debu menunjukkan bahwa tekstur debu memiliki pengaruh yang paling tinggi pada musim kemarau, sedangkan lempung memiliki pengaruh yang paling tinggi pada musim hujan.

Analisa pengaruh kandungan hara sedimen/tanah (N, P, K) menunjukkan bahwa

parameter N (Nitrat) memiliki pengaruh yang positif baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan.

Analisa pengaruh kandungan hara air (N, P, K) menunjukkan bahwa parameter N (Nitrat) memiliki pengaruh yang negatif pada saat musim kemarau dan pengaruh yang positif pada saat musim hujan.

PUSTAKA

Akmal et.al. 2008. *Teknologi Budidaya Rumput Laut (Kappaphycus alvarezii)*. Balai Budidaya Air Payau Takalar.

Angkasa, W.I., Heri P., dan Jana A. 2007. *Teknik Budidaya Rumput Laut*.

Aslan. 2004. *Budidaya Rumput Laut*. Kanisius. Yogyakarta.

Bunsom C., and Pratep A. 2012. *Effects of salinity, light intensity and sediment on growth, pigments, agar production and reproduction in Gracilaria tenuistipitata from Songkhla Lagoon in Thailand*. *Phycological Research* [Volume 60, Issue 3](#), pages 169–178.

Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Brebes. 2013. *Pengembangan Budidaya Rumput Laut di Kabupaten Brebes*. Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Brebes.

Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Brebes. 2013. *Rencana Strategis (RENSTRA) Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Brebes Tahun Anggaran 2012-2017*.

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Yogyakarta : Kanisius.

Guanzon, N.G.Jr. 2003. *Seaweed Biology and Ecology*. Lecture Note. Responsible Aquaculture Development Training Program. Aquaculture Department

SEAFDEC.Tingbauan. Iloilo.
Philipines.21 p.

Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208

Hardjowigeno, S. 1995. *Ilmu Tanah*.
Akademika Pressindo. Jakarta.

Morand,P and Merceron,M.2005.*Macroalgal Population and Sustainability*. Journal of Coastal Research: Volume 21, Issue 5: pp. 1009 – 1020

Hariyati, R. 2014. *Pengaruh Perbedaan Salinitas terhadap Jumlah Spora Gracillaria sp.* Prosiding Seminar Entrepreneurship. ISBN:978-602-8047-99-9.

Nugroho A. dan Mundjari. 1986. *Budidaya Rumput Laut*.

Sadhori, N. 1992.*Budidaya Rumput Laut*. Balai Pustaka: Jakarta.

Howarth, et al. 2002. *Anthropogenic nitrogen sources and relationships to riverine nitrogen export in the northeastern USA*. Biogeochemistry 57(1): 137–169.

Sudjiharno, A. N. 1999. *Budidaya Rumput Laut di Indonesia*. Prosiding : Seminar dan pameran Budidaya Laut Dalam Menunjang Protekan 2003. Jakarta 26 – 27 Agustus 1999. Direktorat Jenderal Perikanan. Departemen Pertanian. 12 p.

Maron, P., and Merceron., M. 2005. *Macroalgal Population and Sustainability*.Journal of Coastal Research. 21(5), 1009–1020. West

PENGARUH PENGERINGAN DENGAN METODE *MIXED ADSORPTION DRYING* TERHADAP KANDUNGAN PROTEIN DAN LEMAK DALAM JAGUNG

Noer Abyor Handayani, Luqman Buchori^{*)} dan Aprilina Purbasari

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang 50275, Telp.(024)7460058

E-mail : nora@undip.ac.id

^{*)}Penulis korespondensi : luqman.buchori@che.undip.ac.id

Abstrak

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang penting karena berperan sebagai sumber makanan dan obat. Kualitas jagung ditentukan oleh penanganan paska panennya. Pengeringan adalah proses yang sangat menentukan dalam produksi jagung kering. Proses pengeringan dengan cara adsorpsi menjadi suatu pilihan untuk menggantikan sistem pengeringan jagung konvensional. Pada penelitian ini, zeolit sebagai adsorben dicampur dengan jagung dalam suatu unggun, kemudian difluidisasi dengan udara pada suhu 30-50°C. Udara akan menguapkan air dari jagung dan pada saat yang sama zeolit akan menyerap air dari udara sehingga kelembaban udara akan terjaga rendah. Dengan demikian kebutuhan panas untuk proses dapat diturunkan dan waktu pengeringan menjadi lebih cepat. Penelitian dilakukan dengan menggunakan variabel tetap waktu pengambilan sampel (15 menit). Variabel berubah yang digunakan adalah suhu udara masuk (suhu kamar, 30°C, 40°C, 50°C) dan rasio jagung dan zeolit (1:0, 1:3, 1:1, 3:1). Jagung yang telah dikeringkan diuji kandungan air, protein, dan lemak. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa variabel yang terbaik adalah rasio jagung : zeolit 1 : 3 dan suhu udara pengering 50°C. Variabel yang sesuai dengan standar SNI untuk makanan kering (kadar air 14%) adalah variabel dengan menggunakan suhu udara pengering antara 40-50°C dengan rasio berat jagung : zeolit 1 : 3.

Kata Kunci: jagung, lemak, pengeringan, protein, zeolit

Abstract

Corn (*Zea mays* L.) is one of the important world food crops, other than wheat and rice. Because corn is an important role as a source of food and medicine, the post-harvest handling is very important because it determines the quality of the corn for the next use. Drying process by adsorption is an option to replace conventional corn drying systems. In our study, the zeolite as adsorbent was mixed with corn in the campfire, the fluidized with air at 30-50°C. The air will evaporate water from the corn, and at the same time, the zeolite will absorb the water from the air, so the humidity will be maintained low. Thus heat consumption can be lowered and drying will become faster. Required materials in this study are corn and zeolite. Research conducted using fixed variable sampling time (15 minutes). Incoming air temperature (room temp, 30°C, 40°C, 50°C) and ratio between corn and zeolite (1:0, 1:3, 1:1, 3:1) are used as changing variables. Before drying the corn, characterization must do first. The dried corn tested the water, protein, fat contains and the colors. The results from this

research show the best variable is variable with ratio between corn and zeolite 1 : 3 and using incoming air temperature 50°C. The suitable variable and appropriate with SNI standard for dried food (14 %) is variable using incoming air temperature 40°C and 50°C with ratio between corn and zeolite 1 : 3.

Keywords : corn, fat, drying, protein, zeolite

PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang penting, selain gandum dan padi. Sebagai salah satu sumber karbohidrat di Amerika Tengah dan Selatan, jagung juga menjadi alternatif sumber makanan di Amerika Serikat. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (seperti Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai makanan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (hijauan maupun tongkolnya), diambil minyaknya (dari biji), dibuat tepung (dari biji, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan beberapa bahan baku industri (dari tepung biji dan tepung tongkolnya).

Biji jagung kaya akan karbohidrat. Sebagian besar berada pada endospermium. Kandungan karbohidrat dapat mencapai 80% dari seluruh bahan biji kering. Pada jagung ketan, sebagian besar atau seluruh patinya merupakan amilopektin. Perbedaan ini tidak banyak berpengaruh pada kandungan gizi, tetapi lebih berarti dalam pengolahan sebagai bahan pangan. Jagung manis tidak dapat memproduksi pati sehingga bijinya terasa lebih manis ketika masih muda (Anonim, 2009).

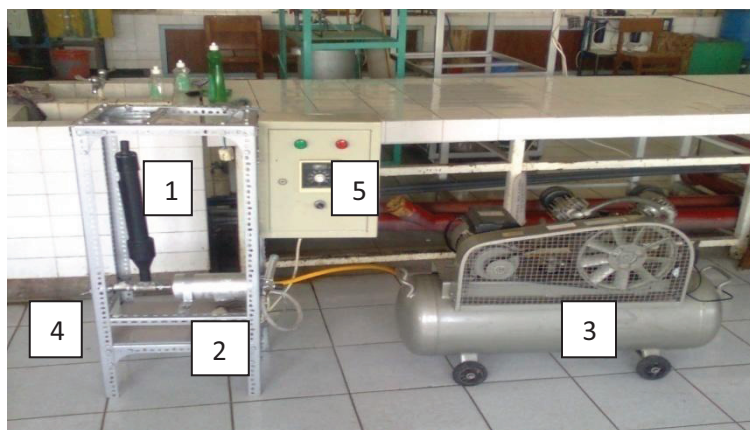
Karena peranan jagung sangat penting sebagai sumber makanan dan obat maka penanganan pasca panen menjadi sangat penting karena akan menentukan kualitas jagung untuk penggunaan selanjutnya. Pengeringan adalah proses yang sangat menentukan dalam produksi jagung kering. Proses ini menyerap energi terbesar dari

seluruh rangkaian proses dengan porsi kurang lebih 70% dari total energi yang diperlukan untuk penanganan pasca panen jagung. Kadar air dalam jagung kering menentukan tingkat keawetan selama proses penyimpanan dan distribusi ke konsumen. Dengan kadar air 15% atau kurang, aktivitas mikroba, bakteri, dan jamur menjadi terhambat sehingga jagung kering dapat dipasarkan ke tempat-tempat yang jauh atau dapat disimpan lama.

Tujuan penelitian ini adalah untuk meneliti pengaruh suhu udara masuk pengering dan rasio berat jagung-zeolit, terhadap kadar air, protein, dan lemak. Selain itu diharapkan dari hasil penelitian ini dapat meningkatkan kualitas jagung kering dengan mengurangi kadar air di dalam jagung kering sehingga sesuai dengan standar SNI dengan proses pengeringan yang efisien

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jagung dan zeolit sebagai bahan baku utama, Na_2SO_4 anhidrid, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, H_2SO_4 , NaOH , dan HCl sebagai bahan untuk analisa protein, serta N-hexanesebagai bahan untuk analisa lemak. Alat yang digunakan dalam pengeringan jagung adalah seperangkat alat pengering unggun terfluidakan yang terdiri dari kolom fluidisasi, indikator suhu, heater, dan blower. Rangkaian alat percobaan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat pengering unggun terfluidakan

(1) fluidized bed (2) heater (3) kompresor (4) valve (5) sistem kontrol

Penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap yaitu (1) pengeringan untuk menentukan lama pengeringan dan kadar air akhir pengeringan dan (2) analisa hasil yang meliputi analisa protein dan lemak. Pada proses pengeringan, jagung dan zeolit ditimbang dan dicampur dengan perbandingan tertentu lalu dimasukkan dalam unggun fluidisasi. Sebagai media, udara luar dipanaskan pada suhu tertentu sesuai kondisi operasi dan dialirkan pada unggun sampai campuran bahan yang ada terfluidisasikan. Respon berupa suhu dan rasio berat jagung dan zeolit. Selama waktu operasi dapat ditemukan kecepatan proses pengeringan pada berbagai kondisi.

Pada analisa protein, bahan dimasukkan dalam labu digester dan ditambahkan Na_2SO_4 anhidrid, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, dan H_2SO_4 pekat. Campuran kemudian dipanaskan pelan-pelan sampai tidak terbentuk percikan lagi. Pemanasan diteruskan dengan cepat sampai larutan menjadi tidak berwarna/jernih. Labu kemudian didinginkan dan ditambah aquadest secukupnya, kemudian dimasukkan dalam labu destilasi. Serbuk Zn ditambahkan untuk mencegah terjadinya *bumping* serta percikan. Selama proses destilasi, ditambahkan larutan NaOH 5 N. Destilat ditampung dalam erlenmeyer yang berisi asam boraks jenuh. Proses titrasi destilat menggunakan HCl. Kadar protein

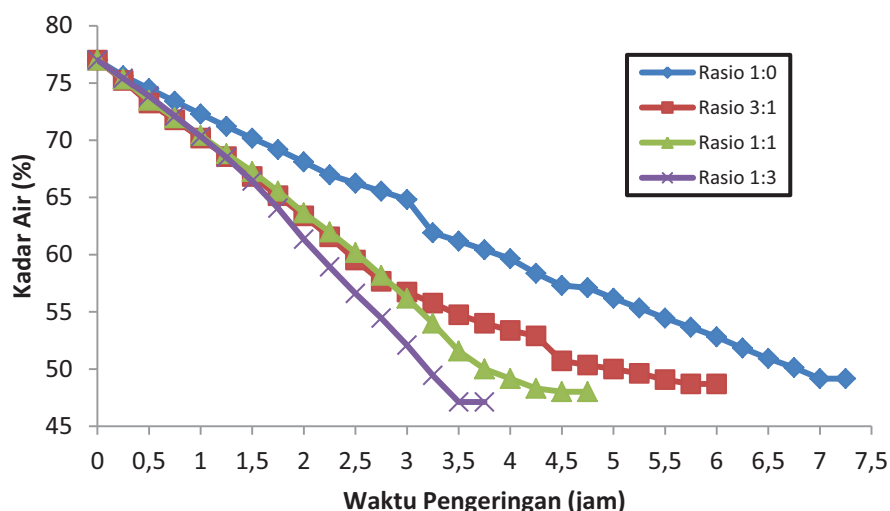
dalam bahan dapat diketahui dengan mengalikan kadar nitrogen yang diperoleh dengan faktor konversi.

Pada analisa lemak, sampel yang sudah kering dihaluskan dan dibungkus dengan kertas saring bebas lemak, diikat dengan benang dan dimasukkan dalam tabung soklet. n-hexane kemudiandimasukkan dalam labu alas bulat dan dilakukan ekstraksi dengan 8x recycle. Setelah ekstraksi selesai, sampel diambil dan ekstraktor kembali dipasang untuk recovery solvent. Sampel dan labu ekstraksi yang berisi sisa solven dikeringkan dalam oven dan setelah kering didinginkan lalu ditimbang. Kadar lemak dapat ditentukan dengan perhitungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Rasio Jagung dan Zeolit terhadap Penurunan Kadar Air pada Jagung

Kondisi operasi pengeringan berada pada suhu kamar. Variasi terletak pada rasio berat jagung dan zeolit yaitu 1 : 0, 3 : 1, 1 : 1, dan 1 : 3. Basis beratnya adalah 80 gr. Pengaruh rasio berat jagung dan zeolit terhadap penurunan kadar air disajikan pada Gambar 2.



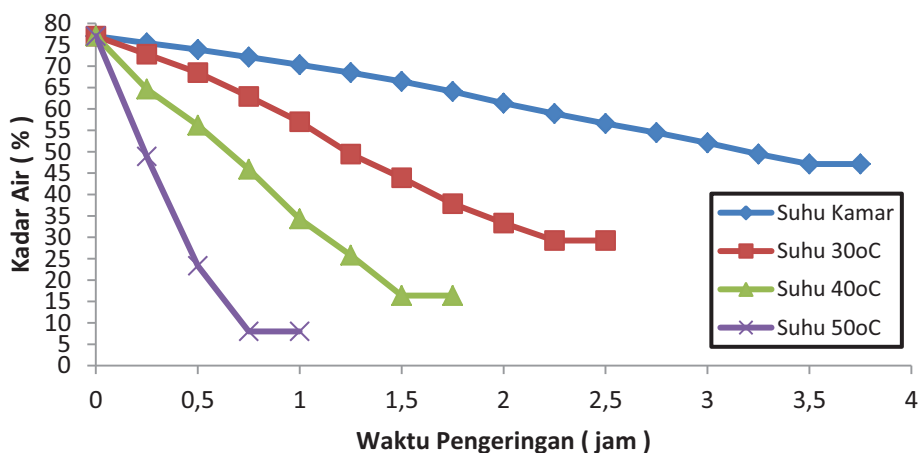
Gambar 2. Pengaruh rasio berat jagung : zeolit terhadap penurunan kadar air dan lama waktu pengeringan

Dari Gambar 2 terlihat semua variabel pada awalnya mengalami kecepatan pengeringan konstan. Namun setelah beberapa saat kecepatan pengeringan mulai menurun sampai mencapai kadar air keseimbangan. Hal ini sesuai dengan teori pengeringan yang dikemukakan oleh Treyball dalam operasi pengeringan (Treyball, 1983) dimana dalam operasi pengeringan, waktu pengeringan pada umumnya dibagi menjadi dua periode yaitu *constant rate period* dan *falling rate period*. *Constant rate period* yaitu rentang waktu dimana laju pengeringan berjalan konstan sedangkan *falling rate period* didefinisikan sebagai rentang waktu ketika laju pengeringan mengalami penurunan hingga titik keseimbangan. Selain itu terlihat pula bahwa pada variabel rasio 1 : 3 memberikan hasil akhir yang lebih baik saat

akhir pengeringan. Hal ini dapat terlihat pada kadar air pada saat akhir pengeringan yang jauh lebih sedikit (47,12%) dan sesuai dengan fungsi zeolit sebagai adsorben air pada udara pengering sehingga udara menjadi lebih kering dan proses pengeringan menjadi lebih efektif dan efisien.

Pengaruh Rasio Jagung dan Zeolit terhadap Penurunan Kadar Air pada Jagung

Rasio berat jagung dan zeolit yang digunakan adalah 1 : 3 dengan basis berat 80 gr. Variasi terletak pada kondisi operasi pengeringan yaitu suhu kamar, 30°C, 40°C, dan 50°C. Pengaruh suhu terhadap penurunan kadar air disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh suhu terhadap pengeringan jagung

Dari Gambar 3 terlihat suhu merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi kecepatan pengeringan. Pada operasi pengeringan tidak hanya terjadi perpindahan massa air dari bahan yang dikeringkan ke media pengering tetapi juga perpindahan panas dari media pengering ke bahan yang dikeringkan (Treyball, 1983). Semakin besar suhu maka laju pengeringan pada periode konstan semakin tinggi pula. Hal ini karena semakin besar suhu maka panas yang diterima oleh permukaan lapisan padat semakin besar sehingga laju penguapan air per luas permukaan tiap jamnya semakin besar. Selain itu terlihat pula bahwa pada variabel 50°C memberikan hasil akhir yang lebih baik saat akhir pengeringan. Selain kadar air yang lebih sedikit yaitu hanya sekitar 8%, waktu pengeringannya pun sangat singkat hanya 1 jam). Hal ini sesuai dengan definisi pengeringan yang dikemukakan oleh Perry dan Green yang merupakan proses penguapan air dari bahan basah dengan media pengering

(bisa udara atau gas) melalui introduksi panas (Perry dan Green, 1988) dan juga merupakan salah satu keuntungan dari pengeringan adsorpsi dimana udara akan menjadi kering dan suhunya akan menjadi naik sekitar 40 – 50°C yang sangat cocok untuk mengeringkan bahan – bahan yang tidak tahan dengan suhu tinggi

Pengaruh Rasio Jagung : Zeolit dan Suhu Udara Pengering terhadap Kadar Lemak dalam Jagung

Pengeringan dilakukan dengan 2 variabel yaitu rasio jagung : zeolit dan suhu udara pengering. Variabel awal atau jagung sebelum dikeringkan memiliki kadar lemak 0.095 gr/10 gr dan kadar protein 3.43%. Pengaruh rasio berat jagung dan zeolit terhadap kadar lemak dan protein disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Pengeringan pada suhu kamar

Rasio	1 : 0	3 : 1	1 : 1	1 : 3
Kadar Air (%)	75,10	72,67	72,37	70,13
Kadar Lemak (gr/10gr)	0,095	0,1	0,095	0,105
Kadar Protein	3,36	3,36	3,38	3,46

Tabel 2 Pengeringan pada rasio 1 : 3

Suhu (C)	Suhu Kamar	30	40	50
Kadar Air (%)	70,13	68,06	64,34	54,00
Kadar Lemak (gr/10gr)	0,105	0,105	0,12	0,165
Kadar Protein	3,46	3,57	3,40	3,0

Dari tabel 1 dan 2 dengan berubahnya rasio jagung : zeolit maupun dengan perubahan suhu, kadar lemak dalam jagung relatif konstan. Hal ini karena kadar lemak tidak berkurang dalam proses pengeringan dan tidak mengalami perubahan pada perubahan suhu maupun perubahan rasio jagung : zeolit.

Tabel 1 menunjukkan dengan berubahnya rasio jagung : zeolit kadar protein

dalam jagung relatif konstan. Hal ini karena kadar protein tidak berkurang dalam proses pengeringan dan tidak mengalami perubahan pada perubahan rasio jagung : zeolit. Dari Tabel 2 dengan perubahan suhu kadar protein dalam jagung relatif turun. Hal ini karena protein mengalami denaturasi pada kenaikan suhu. Ini terjadi karena ikatan dalam senyawa protein pecah sehingga tidak bisa

berfungsi lagisehingga kadar protein akan

turun pada suhu yang tinggi.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan untuk variabel rasio berat jagung : zeolit, semakin besar jumlah zeolit yang digunakan (rasio berat jagung : zeolit makin kecil), maka kadar air hasil akhir pengeringan makin sedikit, kadar protein dan lemak hasil akhir pengeringan juga tidak berubah/relatif konstan. Sedangkan untuk variabel suhu udara masuk pengering, semakin besar suhu udara masuk pengering, maka kadar air hasil pengeringan makin sedikit, kadar protein semakin menurun, dan kadar lemak tidak berubah/relatif konstan. Variabel yang terbaik adalah variabel dengan rasio jagung : zeolit 1 : 3 dan menggunakan suhu udara pengering 50°C. Sedangkan variabel yang cocok dan sesuai dengan standar SNI untuk makanan kering (14%) adalah variabel dengan menggunakan suhu udara pengering dengan rentang 40°C dan 50°C dengan rasio berat jagung : zeolit adalah 1 : 3.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Fakultas Teknik yang telah membiayai penelitian ini melalui Alokasi Dana DIPFA Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Tahun Anggaran 2015 sesuai dengan Surat Perjanjian Nomor : 3834/UN7.3.3/PG/2015 tanggal 07 April 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, F., (2008), *Kajian Formulasi dan Isotermik Sorpsi Air Bubur Jagung Instan*, Institut Pertanian Bogor.
- Anonim, (2009), Jagung, <http://id.wikipedia.org/wiki/Jagung>.
- Anonymus, (2009), *Siliporite data*, CECA and ATO, <http://www.cecachemicals.com/sites/ceca/en/home.page>.
- Bussmann, P.J.T., (2007), Energy and product benefits with sorption drying, NWGD-

symposium, 15th November; Utrecht, The Netherlands.

- Demmerle, R.L. and Walter, J.S., (1988), *Modern Chemical Processes*, Volume I, Reinhold Publishing Corporation, New York, USA.
- Djaeni, M., Bartels, P., Sanders, J., Straten, G. van, and Boxtel, A.J.B. van, (2007), Process integration for food drying with air dehumidified by zeolites, *Drying Technology*, 25(1), 225-239.
- Djaeni, M., (2008), Energy Efficient Multistage Zeolite Drying for Heat Sensitive Products, *Doctoral Thesis*, Wageningen University, The Netherlands, ISBN:978-90-8585-209-4.
- Djaeni, M., Bartels, P.V., Sanders, J.P.M., van Straten, G., and van Boxtel, A.J.B., (2008), CFD for Multistage Zeolite Dryer Design, *Journal of Drying Tech.*, 26 (4).
- Hu, X., Zhang Y., Hu, C., Tao, M., and Chen, S., (1988), A comparison of methods for drying seeds: vacuum freeze drier versus silica gel, *Seed Science Research*, vol. 8, paper 7.
- Kudra, T. and Mujumdar, A.S., (2002), *Advanced Drying Technology*, Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Kiranoudis C.T., Maroulis Z.B., and Marinou-Kouris D., (1996), Drying of solids: Selection of some continuous operation dryer types, *Computer & Chem. Eng.*, 20, Supplement 1, S177-182.
- Laxhuber, P.M., Schidmt R., and Grupp C., (2001), Air ventilated heating and cooling based on zeolite technology, *RTO HFM Symposium*, 8-21 October, Dresden, Germany.
- Mastekbayeva, G.A., Leon M.A., and Kumar, S., (1998), Performance evaluation of a solar tunnel dryer for chili drying, *ASEAN Seminar and Workshop on Drying Technology*, Bangkok, Thailand; 3-5 June.

- Ocansey, O.B., (1988), Freeze-drying in a fluidized-bed atmospheric dryer and in a vacuum dryer: Evaluation of external transfer coefficients, *J. Food Engineering*, vol. 7, issue 2; 127-146.
- Ratti, C., (2001), Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review, *Journal of Food Engineering*, vol. 49, 311-319.
- Revilla, G.O., Velázquez, T.G., Cortés, S.L., and Cárdenas, S.A., (2006), Immersion drying of wheat using A1-PILC, zeolite, clay, and sand as particulate media, *Drying Technology*, 24(8), 1033-1038.
- Rukmana, R., (1997), *Usaha Tani Jagung*, Yogyakarta: Kanisius.
- Treybal, R.E., (1976), *Mass Transfer Operation*, 3rd edition, Mc. Graw Hill Book Co, Tokyo.

Pemanfaatan Umbi Gadung (*Dioscorea hispida*) sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Grade Bahan Bakar melalui Proses Destilasi dan Adsorpsi

Hargono*, Kristinah Haryani, Hantoro Satriadi dan Aprilina Purbasari

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl.Prof.Sudharto, Tembalang, Semarang, 50275, Telp./Fax. (024) 7460058/(024) 76480675
email : hargono_tkundip@yahoo.co.id

Abstrak

Bahan bakar cair adalah strategis untuk dikonsumsi sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, lebih aman dibandingkan dengan bahan bakar gas. Pengkajian dan pengembangan bahan bakar bioetanol sebagai bahan bakar cair dari nabati sangat diperlukan. Umbi gadung (*Dioscorea hispida*) mempunyai kandungan amilum yang cukup tinggi, sehingga berpotensi dijadikan bioetanol. Konsentrasi substrat 800 g pati/4L air, variasi dosis enzim α -amilase dan glukamylase masing-masing 2, 4, dan 6 ml. Hasil glukosa terbaik yang dihasilkan dari proses hidrolisa tersebut, difermentasi dengan metode *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)* menggunakan variasi massa yeast *Saccharomyces cerevisiae* masing-masing 12, 36 dan 60 g. Hasil fermentasi glukosa menjadi crude etanol dimurnikan melalui proses destilasi dan adsorpsi menggunakan zeolit dengan variabel rasio massa zeolit terhadap volume feed. Rasio massa zeolit 90% (b/v) menghasilkan etanol 99,73% (b/b). Kadar akhir etanol ini layak digunakan sebagai bahan bakar cair atau campuran bahan bakar cair.

Kata kunci : umbi gadung, SSF, destilasi, adsorpsi dan zeolit

Abstract

Liquid fuels are strategic to be consumed as motor vehicle fuel, safer than by gas. Studies and development of fuel bioethanol as a liquid fuel from vegetable indispensable. Tubers gadung (*Dioscorea hispida*) has fairly high starch content, so it could potentially be used as bioethanol. Substrate concentration of 800 g starch / 4L water, doses variation enzyme α -amylase and glucoamylase 2, 4, and 6 mL, respectively. The glucose best resulting from the process of the hidrolisis, fermented with the methods *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)* employing variations mass yeast *Saccharomyces cerevisiae* each 12, 36 and 60 g, respectively. Fermented glucose into ethanol crude is purified by distillation and adsorption using a zeolite with a variable mass ratio of zeolite to feed volume. Zeolite mass ratio of 90% (w/v) was product ethanol 99.73% (w/w). Final concentration of ethanol is fit for use as a liquid fuel or a mixture of liquid fuel.

Keywords: tubers gadung, SSF, distillation, adsorption and zeolite.

Pendahuluan

Persoalan emisi gas buang dari bahan bakar fosil semakin menjauh dari slogan pemerintah menuju *go green*, yaitu menjaga lingkungan agar tetap bersih dan sehat. Permasalahan klasik gas buang yang tidak ramah lingkungan, ditandai meningkatnya

konsentrasi gas buang yang terdiri dari CO₂, SO₂, CO, H₂O dan gas-gas lain seolah-olah hanya berputar-putar tanpa dapat diselesaikan. Bahan bakar minyak yang berasal dari fosil terdiri dari unsur-unsur hidrokarbon, apabila dibakar akan menghasilkan CO₂, SO₂, CO, H₂O dan gas-gas lain yang berujung pada

pencemaran lingkungan. Hal ini sangat berbeda apabila bahan bakar yang digunakan adalah Bahan Bakar Nabati (BBN) yang bersifat lebih ramah lingkungan karena komponen yang terkandung dalam BBN, misalnya bioetanol dengan rumus kimia (C_2H_5OH) bersifat ramah lingkungan terkait kandungan atom C rendah.

Pemerintah Indonesia mengantisipasi kondisi tersebut dengan mengeluarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM). Kebijakan tersebut telah menetapkan sumber daya yang dapat diperbaharui seperti bahan bakar nabati sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM. Ketersediaan bahan bakar berbasis nabati diharapkan dapat mengurangi terjadinya kelangkaan BBM, sehingga kebutuhan bahan bakar dapat terpenuhi [1].

Umbi beracun, sebagai contoh singkong karet, ubi kayu pandemir, dan gadung, mudah tumbuh hampir di seluruh wilayah di Indonesia. Ubi-ubi ini sangat potensial dijadikan bioetanol sebagai energi pengganti BBM yang berasal dari fosil, karena kandungan pati (amilum) tinggi [2]. Singkong karet (*Manihot glaziovii*), ubi kayu pandemir adalah singkong yang kaya akan karbohidrat, tetapi banyak mengandung racun, yaitu asam sianida, sehingga tidak dimanfaatkan sebagai bahan pangan oleh masyarakat.

Umbi Gadung (*Dioscorea hispida*) menghasilkan umbi yang dapat dimakan, namun mengandung racun (*dioscorine*) yang dapat mengakibatkan pusing dan muntah apabila kurang benar pengolahannya. Gadung mengandung karbohidrat (pati) yang cukup tinggi, sehingga pati gadung sering dimanfaatkan sebagai pengganti pati gandum. Komponen yang merugikan pada gadung yaitu terdapat zat beracun berupa asam sianida (HCN). Asam sianida dengan rumus kimia HCN, secara alami terdapat pada umbi-umbian selain gadung yaitu singkong, talas. Kandungan karbohidrat (amilum) di dalam pati gadung sebesar 18-20%, sehingga berpotensi dijadikan bahan bakar etanol [3].

Proses hidrolisis enzimatis pati terdiri dari 2 tahap, yaitu : likuifikasi pada suhu 80-

125°C dan sakarifikasi pada suhu 55-65°C. Hasil proses hidrolisis ini dilanjutkan proses fermentasi, bertujuan untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol pada suhu 32-35°C [4] dan [5]. Enzim yang digunakan, yaitu α -amilase dan gluko-amilase. Enzim α -amilase digunakan pada proses likuifikasi yang berfungsi memotong ikatan amilosa dengan cepat pada pati yang telah mengalami gelatinisasi, sedangkan gluko-amilase akan menguraikan pati atau amilum secara sempurna menghasilkan glukosa pada tahap sakarifikasi. Proses ini membutuhkan energi dalam jumlah besar [6], yaitu pada saat pemanasan dan juga pendinginan untuk proses fermentasi [7]. Energi yang dibutuhkan untuk kedua tahap proses ini diperkirakan 30-40% dari kebutuhan energi total untuk memproduksi etanol [8].

Fermentasi alkohol merupakan proses pembuatan alkohol dengan memanfaatkan aktivitas *yeast*. Alkohol pada intinya dapat dibuat dari bahan-bahan yang mengandung gula atau dari bahan-bahan yang dapat dijadikan gula. Untuk bahan-bahan yang dapat dijadikan gula, diperlukan proses pendahuluan yang dikenal dengan proses sakarifikasi. Untuk pertumbuhannya, *yeast* memerlukan energi yang berasal dari karbon. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah jumlah ragi yang digunakan.

Pemurnian dilakukan untuk mendapatkan bioetanol dengan kadar lebih tinggi. Distilasi adalah metode pemisahan campuran yang saling melarut berdasar perbedaan tekanan uap murni atau titik didih masing-masing komponen yang terdapat dalam campuran. Distilasi dioperasikan dengan menggunakan tenaga pemisah berupa panas [9]. Distilasi untuk memisahkan etanol dari air hanya dapat mencapai komposisi kurang dari komposisi azeotropnya, yaitu 95,63% (w/w) [10].

Pada proses distilasi, pada umumnya titik didih suatu campuran berada diantara titik didih masing-masing komponen murninya. Tetapi ada suatu campuran yang mempunyai titik didih diatas atau dibawah titik didih masing-masing komponen murninya. Campuran yang demikian disebut sebagai campuran azeotrop. Pada campuran azeotrop, komposisi cairan sama dengan komposisi

uapnya dalam keadaan seimbang, oleh karena itu campuran azeotrop tidak dapat dipisahkan dengan cara distilasi biasa. Ada dua cara pemisahan campuran azeotrop :

- Jika campuran azeotrop sangat peka terhadap tekanan total maka campuran dapat dipisahkan dengan menggunakan dua buah kolom yang dioperasikan pada tekanan yang berbeda.
- Jika campuran azeotrop tidak peka terhadap tekanan total, campuran dapat dipisahkan dengan cara ekstraksi-distilasi. Dalam persoalan ini, kecuali sejumlah massa juga sejumlah energi digunakan sebagai tenaga pemisah [11].

Usaha untuk meningkatkan kadar etanol melebihi komposisi azeotrop diperlukan proses dehidrasi menggunakan adsorben yang dapat berupa zeolit alam yang memiliki kemampuan untuk menyerap air tanpa menyerap etanol (bersifat hidrofilik). Zeolit menyerap dan mengikat air karena molekul air lebih kecil dari pada molekul etanol. Molekul air berukuran $2,8 \text{ \AA}$ sedangkan partikel etanol berukuran $4,4 \text{ \AA}$ [11]. Oleh karena itu untuk pemurnian bioetanol, digunakan zeolit yang mempunyai ukuran pori 3 \AA ($1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$) sehingga molekul air yang ukurannya lebih kecil dari pori zeolit dapat terjerap, sedangkan molekul etanol yang ukurannya lebih besar dapat lolos akibatnya sejumlah air terjerap oleh zeolit sehingga diperoleh hasil etanol dengan kemurnian yang tinggi, yakni diatas 99,5% (b/b).

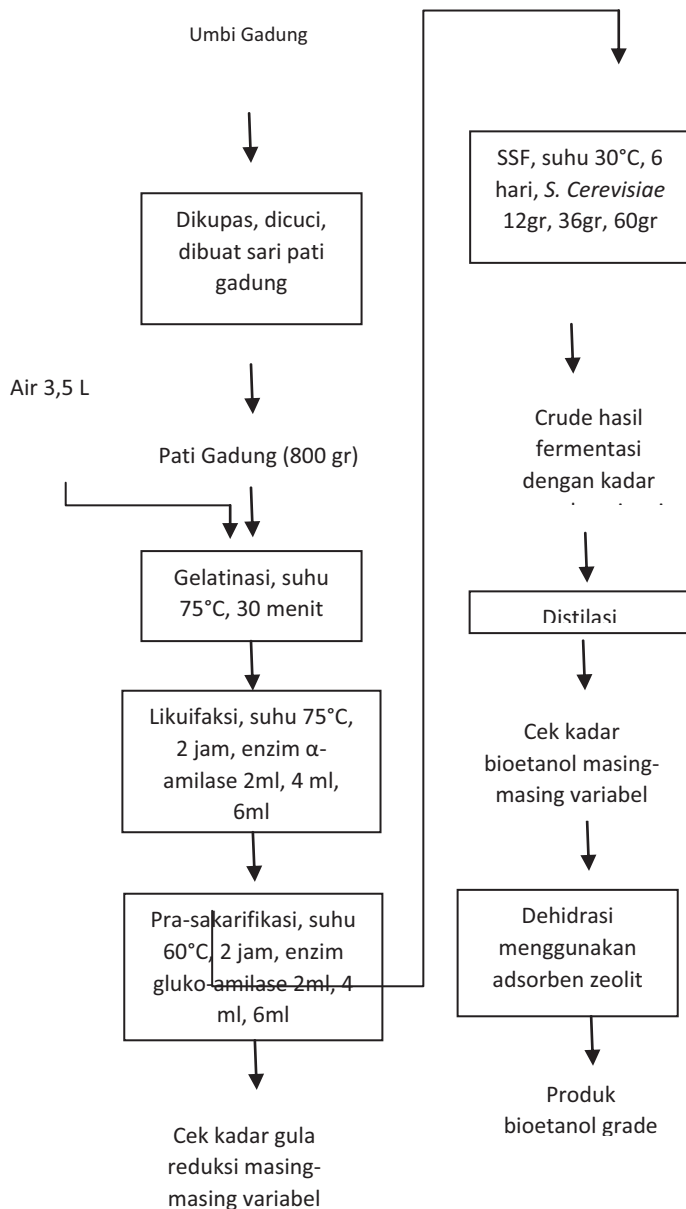
Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh volume enzim glukamilase terhadap konversi pati menjadi glukosa, pengaruh massa yeast terhadap konversi glukosa menjadi etanol, dan pengaruh massa adsorben zeolit terhadap kadar etanol yang dihasilkan.

Pemurnian dengan distilasi yang sering dijumpai adalah pemisahan etanol-air. Etanol

dimurnikan dari campuran etanol air melalui proses distilasi. Kadar etanol yang terbentuk setelah proses fermentasi tidak lebih dari 10 vol%. Hasil fermentasi yang mengandung kurang dari 10 % (v/v) etanol dipanaskan untuk menghilangkan CO_2 dan diumpankan ke kolom berikutnya. Hasil distilasi ini adalah etanol dengan kemurnian 25-35% (v/v).

Metode Penelitian

3.1. Tahapan penelitian ini terdiri dari penyediaan bahan baku sampai terbentuknya produk bioetanol sebagai bahan bakar atau campuran bahan bakar, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar-1.



Gambar -1. Diagram Alir Pembuatan Bioetanol Grade Bahan Bakar dari Bahan Baku Umbi Gadung.

Penetapan Variabel

a. Variabel bebas

Volume enzim α dan glukosa-amilase : 2, 4, dan 6 ml

Massa ragi : 12, 36, dan 60 g.

b. Variabel terikat :

Massa pati : 800 g

Volume air : 3,5 L

Suhu gelatinasi : 90°C

Waktu gelatinasi : 30 menit

Suhu likuifaksi : 75°C

Waktu likuifaksi : 2 jam

Suhu pra-sakarifikasi : 60°C

Waktu pra-sakarifikasi : 2 jam

Waktu SSF : 7 hari

Massa NPK : 7 g

Massa Urea : 14 g

pH : 4 – 5

c. Respon yang diamati :

Proses hidrólisis : kadar glukosa

Proses fermentasi dan distilasi : kadar etanol.

Analisis kadar etanol menggunakan alkoholmeter dan Gas Chromatografi.

d. Indikator Capaian

Indikator capaian yang diharapkan dalam penelitian ini adalah pencapaian kadar bioetanol minimal 99,5%.

e. Alat analisis :

Spektrophotometer : UV-VIS : untuk menentukan kadar glukosa.

Gas Chromatographi : untuk menentukan kadar etanol.

Hasil dan Pembahasan

• **Pengaruh dosis enzim terhadap kadar glukosa.**

Hasil proses hidrolisis, pengaruh dosis enzim terhadap hasil glukosa disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh dosis enzim terhadap hasil glukosa.

Konsentrasi substrat 800 g/ 4 L air		
Volume Enzim, ml		Kadar
Enzim α -amilase	Enzim glukamylase	Glukosa (%)
2	2	8,62
4	4	10,48
6	6	7,85

Berdasarkan Tabel 1, enzim α -amilase dan glukamylase mampu mengubah karbohidrat (amilum) menjadi glukosa. Selanjutnya proses fermentasi, glukosa akan diubah menjadi *crude* etanol dengan bantuan yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Berdasarkan data kadar glukosa tertinggi yaitu 10,48%, digunakan variabel enzim α -amilase dan glukamylase sebanyak 4 ml. Kemampuan enzim α -amilase dan glukamylase untuk memecah karbohidrat menjadi glukosa disebabkan karena enzim α -amilase mampu memutus ikatan α -1,4 secara acak di bagian dalam molekul pada amilosa maupun amilopektin menjadi dekstrin dengan rantai sepanjang 6-10 unit glukosa. Kemampuan α -amilase untuk memutus ikatan α -1,4 secara acak mengakibatkan dihasilkannya larutan hasil gelatinisasi yang lebih encer karena viskositasnya turun dengan cepat. Sedangkan glukamylase dapat memutus rantai molekul maltosa menjadi molekul-molekul glukosa bebas.

• **Pengaruh massa ragi terhadap kadar etanol**

Pengaruh massa ragi terhadap kadar etanol pada proses fermentasi dan distilasi bertingkat ditunjukkan pada Tabel 2, berikut ini :

Tabel 2. Hasil Proses Fermentasi dan Distilasi bertingkat

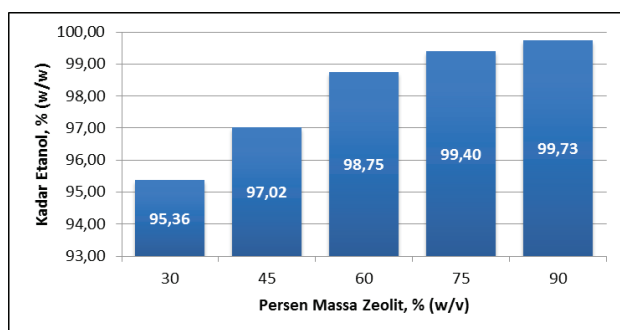
Massa Ragi (g)	Kadar Bioetanol, %		
	Fermentasi	Distilasi 1	Distilasi 2
12	8	29	92
36	10	30	93,5
60	9	30	92

Masa ragi masing-masing : 1,5 ; 4,5 dan 7,5% (g/g pati).

Proses fermentasi hanya dapat menghasilkan etanol (*crude*) paling tinggi 10%. Proses pemurnian etanol hasil fermentasi dilakukan dengan distilasi 2 tahap. Distilasi tahap1 menghasilkan maksimum kadar etanol 30%, sedangkan distilasi tahap 2 menghasilkan etanol dengan kadar 93,5%. Massa ragi memberikan pengaruh pada proses fermentasi untuk menghasilkan etanol. Semakin banyak ragi yang ditambahkan, semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan dan akan mengalami penurunan dan mendekati konstan pada penambahan massa ragi 60g (7,5% g/g pati). Hal ini disebabkan gula yang dikonversi menjadi etanol telah habis, sehingga penambahan ragi sudah tidak diperlukan lagi.

• **Pengaruh massa zeolit terhadap kadar etanol**

Sebagaimana ditunjukkan Gambar 2 yaitu pengaruh massa zeolit pada operasi dehidrasi. Semakin besar massa adsorben zeolit dalam kolom, mengakibatkan kontak antara larutan etanol dengan zeolit semakin lama, sehingga semakin banyak molekul air yang terjebak ke dalam pori zeolit, sehingga dihasilkan kadar etanol yang lebih tinggi [12]. Namun dari semua variabel, yang memenuhi spesifikasi etanol grade bahan bakar adalah pada variabel massa zeolit 90% (w/v) dengan kadar etanol 99,73% (w/w).



Gambar 2. Pengaruh Massa Zeolit terhadap Kadar Etanol Operasi Dehidrasi

Kesimpulan

- Proses hidrolisis terhadap pati gadung pada konsentrasi substrat 20%, (800g/4L), menggunakan enzim alfa dan glukoamilase masing-masing 4 mL, dihasilkan glukosa dengan kadar 10,48%.
- Proses fermentasi dengan penambahan massa ragi 36 g (4,5% g/g pati), dihasilkan etanol dengan kadar 93,5%.
- Massa zeolit 90% (b/v) mampu menaikkan kadar etanol sampai 99,73% (b/b).
- Etanol yang dihasilkan dari proses distilasi dan dehidrasi layak digunakan untuk bahan bakar cair dan campuran bahan bakar cair.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada yang terhormat Dekan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, yang telah membantu pendanaan lewat penelitian Jurusan Teknik Kimia tahun 2014, juga kepada Nadia Zahrotul Firdausi dan Nugraha Bayu Samodra yang banyak membantu dalam pengumpulan data.

Referensi

- [1] Perpres no.5 Tahun. (2006). Peraturan Presiden Republik Indonesia.
- [2] Moshi, A. P., Crespo, C. F., Badshah, M., Hosea, K. M. M., Mshandete, A. M., Elisante, E., and Mattiasson, B., *Bioresource Technology*, 172C, (2014) 58–67.
- [3] Winarno, G.F., *Kimia Pangan dan Gizi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, 2004.
- [4] Srichuwong, S., Orikasa, T., Matsuki, J., Shiina, T., Kobayashi, T., and Tokuyasu, K., *Biomass and Bioenergy*, 39, (2012) 120–127.

- [5] Suresh, K., Kiransree, N., and Venkateswar Rao, L., *Bioprocess Engineering*, 21, (1999) 165.
- [6] Sharma, V., Rausch, K. D., Tumbleson, M. E., and Singh, V., *Starch/Staerke*, 59, (2007) 549–556.
- [7] Nikolić, S., Mojović, L., Pejin, D., Rakin, M., and Vukašinović, M. (2010).. *Biomass and Bioenergy*, 34, (2010) 1449–1456.
- [8] Lee, W.S., Chen, I.C., Chang, C.H., and Yang, S.S., *Renewable Energy*, 39, (2012) 216–222.
- [9] Henley, E. J. dan Seader J. D. , *Equilibrium-Stage Separation Operation in Chemical Engineering*, John Wiley & Sons, Inc. Kanada. 1981.
- [10] Kiss, A. A. dan R. M. Ignat., *Separation and Purification Technology* 98 Journal, (2012) 290-297.
- [11] Salem, M. And Ben-Shebil, *Chemical Engineering* 74 Journal, (1999), 197-204.
- [12] Novitasari, D., *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 1, (2012)

PEMANFAATAN LIMBAH TAHU SEBAGAI MEDIA TUMBUH MIKROALGA

Hadiyanto ^{a*}, Setia Budi Sasongko ^b, Danny Soetrisnanto ^c,
Tirna Adhika Rahmat ^d, Rosa Delima Dias W.S ^e, Nur Azizah ^f
dan M.Nasyarudin Iqbal ^g

Program Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Jl. Prof. Soedharto, S.H.,
Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50239, Telp/Fax: (024)7460058
Email: ^ahady.hadiyanto@gmail.com, ^bnurazizah.tekimundip@gmail.com,
^cNasyarudinIqbal92@gmail.com

Abstrak

Air limbah tahu (*whey*) masih menjadi isu masalah di Indonesia karena terkandung BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Namun, limbah ini juga mengandung amonia yang tinggi (230 mg / L) yang penting untuk pertumbuhan mikroalga. Mikroalga merupakan mikroorganisme fotosintetik yang membutuhkan sumber nitrogen untuk pertumbuhan mereka. Antara lain, mikroalga *Botryococcus braunii* adalah satu dengan kuantitas minyak yang tinggi di dalam sel mereka (25 - 75%). Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki penggunaan *whey* untuk media budidaya untuk pertumbuhan alga. Penelitian dilakukan dengan variasi volume *whey* (5-20%) dalam medium segar dan biomassa alga itu terus dipantau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Botryococcus braunii* mencapai pertumbuhan yang optimal dalam volume 10% dengan biomassa yang dihasilkan pada 2,4 gram / liter dan 0,8716 gram / liter dari produksi lipid. Pada kondisi ini, COD dapat dikurangi hingga 83,33%.

Kata kunci : biodiesel; *botryococcus braunii*; air dadih (*whey*); biomassa; densitas optik per tahun atau 54.375 ton per hari . Air dadih (*whey*) tahu memiliki kadar air (99,34%),

LATAR BELAKANG

Tahu adalah salah satu produk makanan tradisional Indonesia. Air limbah tahu adalah sampah organik dari industri tahu yang tidak cocok untuk dibuang ke lingkungan. Jika air limbah dibuang langsung keluar ke lingkungan tanpa pengolahan, akan terjadi pengendapan zat organik di dalam air, proses pembusukan dan pertumbuhan mikroorganisme patogen [1]. Limbah cair dalam bentuk cairan kental yang terpisah dari

gumpalan keluar yang disebut air dadih (*whey*). *Whey* masih mengandung bahan organik yang dapat mencemari lingkungan. Menurut data dari Departemen Pertanian, Mahfudin, kedelai per tahun perlu tahu industri di Indonesia adalah 450 ribu ton, sehingga dapat menghasilkan air dadih (*whey*) untuk mengetahui sebanyak 19.575.000 ton

protein (1,73%), lemak (0,63%), abu (0,11%) dan nitrogen (0,05%) [2,3].

Kelangkaan energi merupakan masalah serius yang banyak diperbincangkan dunia sejak awal millenium kedua. Penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui secara berlebihan menjadi penyebab utama langkanya sumber energi di bumi. Diperkirakan pada tahun 2030 dunia akan membutuhkan energi lebih dari 60 % dari persediaan energi saat ini [4]. British Petroleum (BP), pada tahun 2005, juga menyatakan bahwa 47,5 % kebutuhan energi di Indonesia dipenuhi oleh bahan bakar minyak. Saat ini saja, cadangan minyak bumi Indonesia tinggal 1 persen dari total cadangan minyak bumi dunia (Cadangan Sumber Daya Alam, 2005). Sedangkan menurut BP Migas,

Indonesia telah menjadi pengimpor penuh minyak bumi (*net oil importer*) sejak Juli 2004. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber energi baru yang bernilai ekonomis tinggi dari bahan yang terbarukan atau yang biasa disebut biofuel.

Biodiesel (metil ester) merupakan salah satu jenis biofuel yang menjanjikan yang dapat diperoleh dari minyak nabati, lemak hewani atau minyak bekas melalui proses trans-esterifikasi [5,6,7]. Trans-esterifikasi adalah penggantian gugus alkohol dari ester dengan alkohol lain dalam suatu proses yang menyerupai hidrolisis. Namun berbeda dengan hidrolisis, pada proses trans-esterifikasi bahan yang digunakan bukan air melainkan alkohol.

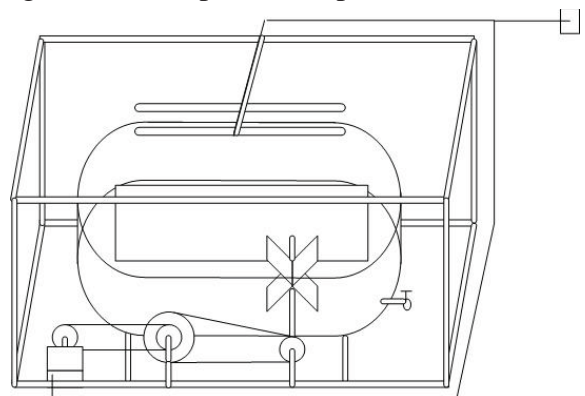
Mikroalga merupakan salah satu sumber energi baru yang menjanjikan. Mikroalga merupakan mikroorganisme fotosintetik yang memiliki kemampuan untuk menggunakan sinar matahari dan karbon dioksida untuk menghasilkan biomasa. Biomasa ini mengandung kadar lemak yang cukup tinggi untuk digunakan sebagai biofuel. Mikroalga memiliki pertumbuhan yang cepat, produktivitas tinggi, dapat menggunakan air tawar maupun air laut, konsumsi air yang sedikit, biaya produksi yang relatif rendah serta tidak berkompetisi dengan bahan pangan [8].

Botryococcus braunii adalah mikroalga uniseluler yang masuk dalam golongan alga hijau. Alga jenis ini memiliki kemampuan untuk berfotosintesis. *Botryococcus braunii* tersusun dari protein, karbohidrat, lemak dan asam nukleat. Mikroalga ini memiliki kandungan lemak sebesar 25 – 75 % [9]. Komponen lemak inilah yang akan diekstraksi dan diubah menjadi biofuel.

Dalam penelitian ini, potensi kandungan nutrisi tersebut akan digunakan sebagai media perkembangbiakan *Botryococcus braunii*. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui perbedaan pengaruh penambahan nutrisi sintetis dengan penambahan air dadih (*whey*) tahu terhadap laju pertumbuhan *Botryococcus braunii*, mengetahui perbedaan pengaruh penambahan nutrisi sintetis dengan penambahan air dadih (*whey*) tahu terhadap konsentrasi *Botryococcus braunii* dan kadar lipid pada biomassa, mengetahui karakteristik air dadih (*whey*) tahu setelah digunakan sebagai media pertumbuhan *Botryococcus braunii* dan mengetahui efisiensi penggunaan air dadih (*whey*) tahu sebagai media kultivasi *Botryococcus braunii*

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan *Botryococcus braunii* dari stock kultur bibit BBPBAP, air dadih (*whey*) tahu, nutrisi KNO_3 , TSP, ZA, NaHCO_3 , FeCl_3 , air keran, kertas saring, NaOH dan solvent n-heksana. Alat yang digunakan antara lain bak kultivasi, pompa vakum, lampu TL, spektrofotometer, cuvet, pipet, oven, gelas ukur, labu Erlenmeyer, beaker glass, timbangan digital, ultrasound, kertas saring, buret, statif dan klem, kompor listrik dan alat distilasi, rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambar Tiga Dimensi Rangkaian Alat Kultivasi *Botryococcus braunii*

Kultivasi Mikroalga

Rangkaian alat kultivasi dirangkai sesuai susunan. Bak kultivasi diisi dengan medium air dadih (*whey*) tahu dengan

variabel penambahan air dadih (*whey*) tahu sebesar 0 % (medium control), 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % volume kultivasi. dilakukan kultivasi *Botryococcus braunii* tanpa air dadih (*whey*) tahu. Media control ini menggunakan nutrisi sintetis berupa 400 ppm KNO₃, 20 ppm TSP, 10 ppm ZA, 75 ppm NaHCO₃ dan 1,3 gram FeCl₃ (Chu-13). Bak kultivasi diisi dengan 10 % volume kultivasi kultur *Botryococcus braunii*. Operasi kultur *Botryococcus braunii* dilakukan dengan volume kultivasi 16 liter pada suhu 30°C dan pH 6-7. Diambil sampel dari bak kultivasi *Botryococcus braunii* untuk dianalisis optical density (OD), laju pertumbuhan biomassa dan kadar lipid pada hari ke-3, ke-5, ke-7, ke-9 dan ke-11

Uji Densitas Optik

Analisis densitas optik (DO) menggunakan alat Spektrofotometer. Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmittan atau absorban suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Pada penelitian ini akan digunakan $\lambda = 680 \text{ nm}$. Prosedur yang dilakukan yaitu menghubungkan Spektrofotometer sp-300 dengan sumber listrik, menyalakan Spektrofotometer sp-300 dan menunggu tunggu selama 5 – 10 menit, menekan tombol %T, atur skala sampai pembacaan absorban tak terhingga (transmittan = 0), memasukkan pelarut murni aquadest dalam cuvet dan menempatkan ke dalam tempat cuvet. Dan menekan tombol 100%T sampai skala menunjukkan absorbansi = 0 (transmittan = 100 %). 10 ml sampel kultivasi diambil dengan pipet, kemudian sampel dipindahkan dalam cuvet. Cuvet yang berisi sampel dimasukkan ke dalam tempat cuvet. Absorbans diukur pada $\lambda = 680 \text{ nm}$. %T yang muncul pada layar %T kemudian dicatat.

Analisa Laju Pertumbuhan Biomassa

Pertumbuhan *Botryococcus braunii* ditentukan dengan *optical density* (OD) pada panjang gelombang (λ) 680 nm [10]. Terdapat hubungan langsung antara *optical density* (OD) dengan biomassa kering. Hubungan ini didapat dengan penelitian yang dilakukan pada media kontrol. Hubungan *optical density*

dan biomassa kering yang dihasilkan pada media kontrol dihubungkan pada grafik. Dengan linierisasi dapat diperoleh kurva standar untuk variabel-variabel selanjutnya.

Analisa Kadar Lipid

Biomassa kering ditumbuk menggunakan mortar dan dicampur dengan larutan n-heksana untuk mengambil kandungan lipidnya. Proses selanjutnya, lipid diekstrak dari campuran biomassa halus menuju solvent larutan n-heksana dengan menggunakan alat ultrasound dalam waktu 3 x 60 menit. Untuk memisahkan lipid dari n-heksana dapat dilakukan dengan cara distilasi.

Analisa Kandungan COD pada Air Dadih (*Whey*) Tahu

Bahan yang digunakan per sampel adalah 10 ml larutan H₂C₂O₄ 0,01 N, 5 ml larutan H₂SO₄ 4 N dan larutan KMnO₄. Pertama-tama lakukan standarisasi larutan KMnO₄ dengan cara memasukkan 10 ml larutan H₂C₂O₄ 0,01 N dan 5 ml H₂SO₄ 4 N ke dalam labu erlenmeyer. Campuran kemudian dipanaskan sampai suhu 70-80 °C. Campuran dititrasi dengan larutan KMnO₄ sedikit demi sedikit sampai warna merah anggur yang tidak hilang dengan penggojogan. Catat kebutuhan titran (b ml). Kemudian menghitung normalitas KMnO₄.

Analisa COD dilakukan dengan cara mengambil limbah sebanyak 10 ml, kemudian dimasukkan ke labu erlenmeyer. Tambahkan 5 ml H₂SO₄ 4 N ke dalam erlenmeyer dan larutan KMnO₄ hasil standarisasi (b ml) dipanaskan sampai mendidih selama 10 menit. Tambahkan 10 ml H₂C₂O₄ 0,01 N dan pertahankan suhu 70-80 °C. Titrasi dengan larutan KMnO₄ standar sampai tercapai TAT (a ml). Hitung COD dengan rumus:

$$\text{COD} = [(a+b) \times N \text{ KMnO}_4 \text{ standarisasi} - (V \times N) \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4] \times 8000$$

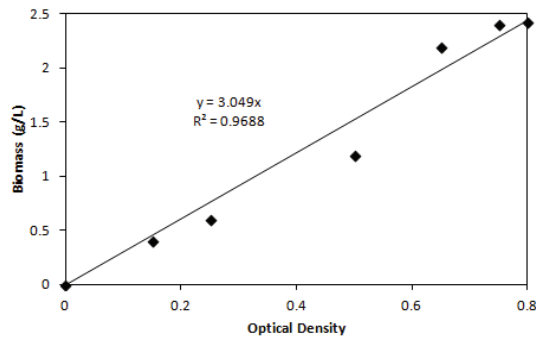
(1)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan dipelajari perbandingan antara medium kontrol (variabel 0 % penambahan air dadih tahu) yang menggunakan nutrisi sintetis sebagai sumber nutrisi dan media dengan penambahan air dadih (*whey*) tahu mengenai densitas

optik, biomassa dan kadar lipid yang dihasilkan. Selain itu akan dipelajari efisiensi pemanfaatan air dadih (*whey*) tahu dengan menganalisa penurunan kandungan COD.

Kurva Kalibrasi *Botryococcus Braunii*

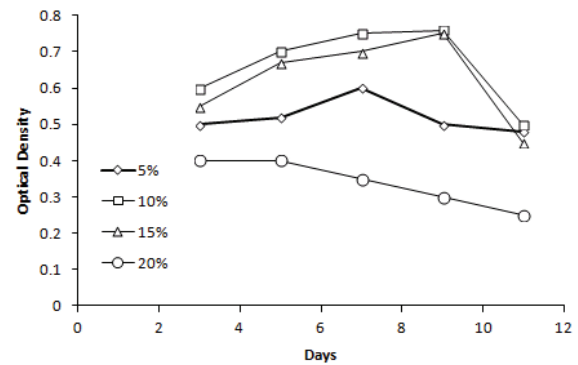


Gambar 2. Hubungan antara *optical density* dengan biomassa kering.

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara *optical density* pada panjang gelombang 680 nm dengan biomassa kering yang dikultivasi menggunakan nutrisi sintetis. Hasil penelitian di atas digambarkan dalam persamaan linier $y = 3.087x - 0.0066$ ($R^2 = 0.969$) dengan menggunakan metode autoflokulasi [11]. Hal ini menunjukkan bahwa *optical density* (OD) berbanding lurus dengan biomassa keringnya. Dari persamaan linier tersebut didapatkan kurva kalibrasi yang akan digunakan untuk menentukan jumlah biomassa kering pada kultivasi *Botryococcus braunii* menggunakan air dadih (*whey*) tahu.

Pengaruh Penambahan Air Dadih (*Whey*) Tahu Terhadap Laju Pertumbuhan Mikroalga

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap kelima variabel penambahan air dadih (*whey*) tahu, dapat dilihat pengaruh penambahan air dadih (*whey*) tahu terhadap laju pertumbuhan *Botryococcus braunii* dalam 11 hari masa kultivasi.



Gambar 3. Pertumbuhan budidaya mikroalga dalam berbagai media air dadih

Dari gambar 3 dapat dilihat untuk variabel 1, dengan penambahan air dadih (*whey*) tahu 5% volume kultivasi, laju pertumbuhan *Botryococcus braunii* lebih rendah dari laju pertumbuhan dengan penambahan nutrisi sintetis. Hal ini dikarenakan kurangnya air dadih (*whey*) tahu dalam media kultivasi yang dibutuhkan oleh *Botryococcus braunii* sehingga mempengaruhi kemampuan pembelahan sel yang menyebabkan menurunnya laju pertumbuhan. Salah satu indikasi yang dapat ditemukan yaitu menurunnya *optical density* pada hari ke-9. Sedangkan pada laju pertumbuhan dengan penambahan nutrisi sintetis *optical density* menurun pada hari ke-11.

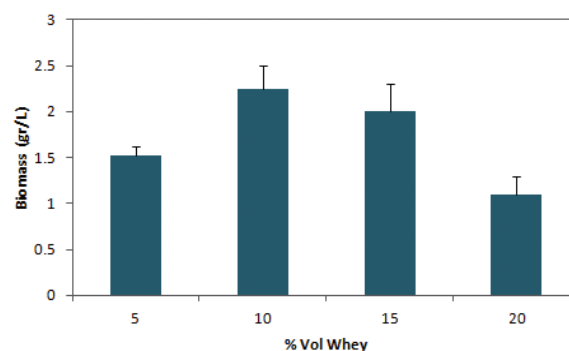
Sedangkan pada variabel 2, penambahan air dadih (*whey*) tahu 10% volume kultivasi, dan variabel 3, dengan penambahan air dadih (*whey*) tahu 15% volume kultivasi, laju pertumbuhan *Botryococcus braunii* lebih tinggi dari laju pertumbuhan dengan penambahan nutrisi sintetis. Pada variabel 2 peningkatan nilai *optical density* dari hari pertama kultivasi sampai hari ke-7 lebih tinggi dibandingkan dengan variabel 3. Hal ini menunjukkan bahwa pada variabel 2, kandungan unsur hara yang terdapat di dalam air dadih (*whey*) tahu dapat dimanfaatkan dengan baik oleh *Botryococcus braunii* sehingga tercapai laju pertumbuhan yang lebih baik dari variabel 3. Meskipun pada hari ke-9 nilai *optical density* pada variabel 3 yaitu 0,817 lebih besar dibandingkan variabel 2 yaitu 0,802.

Pada variabel 4, penambahan air dadih (*whey*) tahu 20% volume kultivasi, dapat dilihat bahwa laju pertumbuhan *Botryococcus braunii* menjadi lebih rendah dari laju pertumbuhan dengan penambahan nutrisi sintetis. Seperti pada variabel 1, indikasi tidak optimalnya laju pertumbuhan *Botryococcus braunii* ditandai dengan menurunnya *optical density* sebelum hari ke-9, yaitu pada hari ke-7 untuk variabel

Hal ini disebabkan unsur hara yang terkandung di dalam air dadih (*whey*) tahu pada variabel 4 lebih tinggi dibanding variabel lainnya. Pada penelitian Suminto dan Hirayama [12] juga disebutkan bahwa pada media yang memiliki unsur hara yang terlalu tinggi akan menyebabkan pertumbuhan mikroalga terhambat karena mikroalga tersebut memerlukan waktu yang lebih lama untuk beradaptasi. Yang dimaksud dengan beradaptasi adalah fase untuk menyesuaikan diri dengan lingkungannya setelah media kultivasi tersebut diberi air dadih (*whey*) tahu. Selain itu, air dadih (*whey*) tahu yang berlebih tidak dimanfaatkan secara efektif sehingga akan menghasilkan tumpukan bahan organik yang bersifat racun bagi mikroalga dan pada akhirnya dapat menghambat pertumbuhan. Jika air dadih (*whey*) tahu di berikan pada media kultivasi dalam jumlah berlebih maka akan bersifat racun yang dapat menghambat pertumbuhan, karena dengan adanya sifat racun maka efektivitas metabolisme sel secara langsung akan terganggu [13].

Pengaruh Penambahan Air Dadih (*Whey*) Tahu Terhadap Konsentrasi Biomassa

Kandungan nutrisi yang terdapat di dalam air dadih (*whey*) tahu berperan penting dalam pertumbuhan mikroalga. Nutrisi adalah substansi yang dibutuhkan untuk bertahan hidup atau dibutuhkan untuk sintesis komponen organik sel (pertumbuhan sel). Penambahan nutrisi ke dalam media kultivasi mikroalga merupakan aspek yang paling berpengaruh terhadap kuantitas biomassa hasil kultivasi mikroalga [14].



Gambar 4. Jumlah biomassa setelah 11 hari kultivasi dengan variasi konsentrasi whey

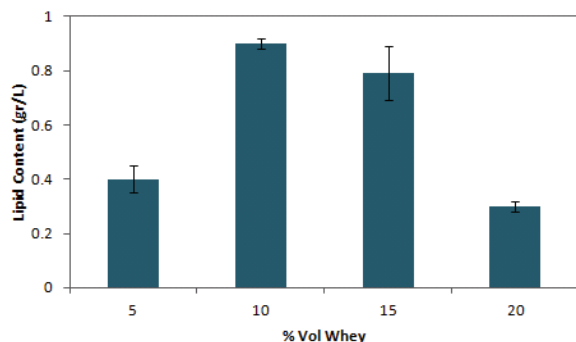
Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil penelitian, keseluruhan suspensi mikroalga dalam kadar air dadih (*whey*) tahu yang berbeda menunjukkan tren pertumbuhan yang sama sesuai dengan fase pertumbuhan kultur mikroalga namun dengan jumlah biomassa kering yang berbeda untuk setiap kadar air dadih (*whey*) tahu. Hal ini mengacu pada jumlah biomassa kering berbanding lurus dengan densitas optiknya sesuai dengan kurva kalibrasi pada gambar 2.

Dari gambar 4, penambahan air dadih (*whey*) tahu dari kadar 5, 10, 15 % volume tidak memberikan efek merusak pada biomassa *Botryococcus braunii* sehingga dapat dimanfaatkan oleh mikroalga tersebut sebagai nutrisi untuk menambah jumlah biomasanya sampai pada batas waktu tertentu. Dari penelitian yang dilakukan, rata-rata suspensi mikroalga pada kadar air dadih (*whey*) tahu yang berbeda mencapai pertumbuhan yang optimal pada hari ke-9.

Penambahan air dadih (*whey*) tahu pada kadar 20% volume memberikan efek merusak pada biomassa mikroalga. Hal ini dikarenakan mikroalga tidak mampu mencerna unsur hara dalam air dadih (*whey*) tahu yang berlebih sehingga menurunkan daya cerna dan kemungkinan produksi dari metabolit yang toksik [15]. Produksi dari metabolit yang toksik ini menyebabkan laju pertumbuhan mikroalga rendah (kemungkinan mati) sehingga biomassa kering yang dihasilkan semakin rendah. Dari penelitian yang dilakukan, rata-rata suspensi mikroalga pada kadar air dadih (*whey*) tahu ini mencapai pertumbuhan yang optimal pada hari ke-7. Biomassa mikroalga terbanyak didapatkan pada suspensi mikroalga yang dikultivasi

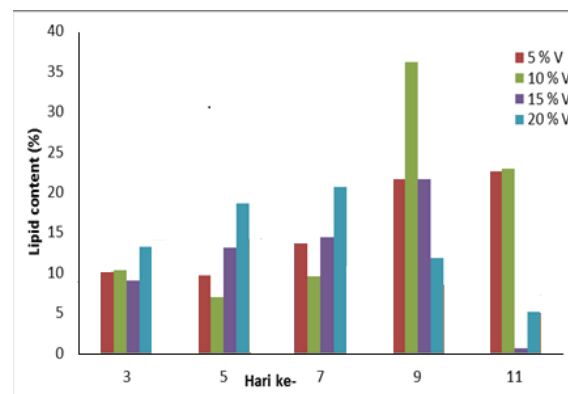
pada kadar air dadih (*whey*) tahu sebesar 10 % volume.

Pengaruh Konsentrasi Air Dadih (*Whey*) Tahu Terhadap Kadar Lipid Pada Biomassa



Gambar 5. Hubungan antara jumlah lipid dengan waktu kultivasi pada setiap variabel.

Pada gambar 5 dapat dilihat fenomena kenaikan jumlah lipid yang dihasilkan setiap harinya sesuai dengan fase pertumbuhan *Botryococcus braunii*. Pada fase awal kultivasi lipid yang dihasilkan pada semua variabel cenderung lebih rendah dibandingkan lipid yang dihasilkan ketika fase pertumbuhan *Botryococcus braunii* memasuki fase ketiga, yaitu penurunan laju pertumbuhan (*declining relative growth phase*). Kemudian jumlah lipid yang dihasilkan menurun ketika fase pertumbuhan *Botryococcus braunii* memasuki fase stasioner dan fase kematian (*death phase*). Pembentukan lipid mulai terjadi pada awal fase eksponensial pertumbuhan *Botryococcus braunii* dan berhenti ketika memasuki akhir fase stasioner dengan pembentukan lipid paling banyak selama fase eksponensial [16]. Sedangkan penelitian lain menyatakan bahwa pengurangan kadar nitrogen dalam medium pertumbuhan mikroalga dapat meningkatkan kadar lipid, akan tetapi hal ini juga dapat menurunkan laju pertumbuhannya [17]. Ini menunjukkan bahwa pembentukan lipid optimum ketika kandungan nitrogen pada medium kultivasi telah mengalami penurunan, yaitu pada fase penurunan laju pertumbuhan (*declining relative growth phase*).



Grafik 6. Hubungan antara *lipid content* dengan waktu kultivasi pada setiap variabel.

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara kadar lipid pada *Botryococcus braunii* setiap harinya pada semua variabel. Dari grafik di atas kadar lipid tertinggi dihasilkan oleh variabel 2 dengan 10 % volume penambahan air dadih (*whey*) tahu. Medium dengan perbandingan C/N lebih tinggi menghasilkan kadar lipid yang lebih tinggi pula [18]. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan karbon dalam medium semakin tinggi pula kadar lipid yang dihasilkan. Sebaliknya semakin tinggi kandungan nitrogen maka semakin rendah kadar lipid yang dihasilkan.

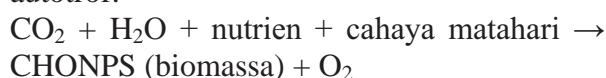
Secara keseluruhan, laju pertumbuhan, jumlah biomassa dan kadar lipid *Botryococcus braunii* paling baik terjadi pada variabel 2 yaitu dengan penambahan air dadih (*whey*) tahu 10% volume kultivasi. Hal ini dikarenakan mikroalga akan mengalami pertumbuhan yang baik jika kebutuhan nutriennya terpenuhi.

Pengaruh Penambahan Air Dadih (*Whey*) Tahu Terhadap Konsentrasi Biomassa

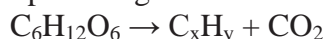
Ada tiga cara pemanfaatan energi menjadi lemak yang dapat dilakukan oleh mikroalga yaitu autotrof, heterotrof dan mixotrof [19]. Pada penelitian ini pengembangbiakan *Botryococcus braunii* dilakukan secara mixotrof, yang merupakan penggabungan dari autotrof dan heterotrof. Hal ini memungkinkan *Botryococcus braunii* untuk berfotosintesis dengan bantuan energi cahaya dan senyawa mikronutrien serta memanfaatkan energi dari senyawa kimia organik untuk disintesis menjadi lipid sehingga media air dadih (*whey*) tahu dapat

diolah secara biologis oleh mikroalga sekaligus memberikan asupan nutrisi untuk pertumbuhannya.

Pada proses fotosintesis, *Botryococcus braunii* menggunakan klorofil untuk mengubah sumber karbon yang berupa karbon dioksida (CO₂) menjadi biomassa dengan bantuan energi cahaya dan senyawa mikronutrien. Senyawa mikronutrien seperti Fe³⁺ dan Cl⁻ dibutuhkan oleh *Botryococcus braunii* untuk pembentukan klorofil dan aktivitas kloroplas [20]. Berikut adalah mekanisme pembentukan biomassa secara autotrof:



Proses sintesis senyawa organik pada air dadih (*whey*) tahu tidak membutuhkan energi cahaya. *Botryococcus braunii* memanfaatkan kandungan COD dari air dadih (*whey*) tahu. Sebagai sumber energi eksternal untuk kemudian disimpan dalam bentuk lipid. Berikut ini adalah mekanisme pembentukan lipid dari glukosa secara heterotrof [21]:



Melalui mekanisme reaksi di atas COD dari air dadih (*whey*) tahu dapat terkonversi menjadi lipid. Kemudian kadar COD dari air dadih (*whey*) tahu mengalami penurunan setelah digunakan menjadi media kultivasi *Botryococcus braunii*.

Tabel 1. Penurunan kadar COD air dadih (*whey*) tahu

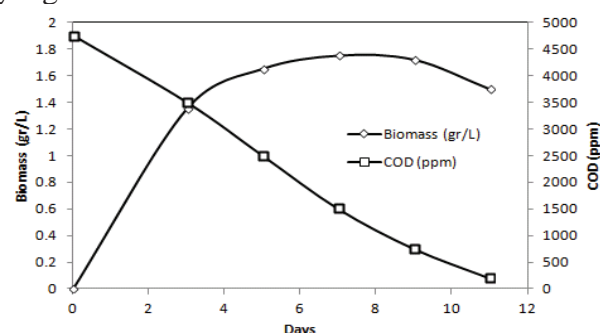
Va ria bel	COD pada whey (mg/l)	COD pada media (mg/l)	Waktu Kultiv asi (hari)	COD akhir (mg/l)	Penur unan COD (%)
1	4560	228	11	80	64,91
2	4800	480	11	80	83,33
3	4640	696	11	80	88,51
4	4400	880	11	240	72,73

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar COD air dadih (*whey*) tahu menurun selama 11 hari kultivasi. Penurunan ini membuktikan kandungan yang dimiliki oleh air dadih (*whey*) tahu khususnya senyawa organik dapat

dimanfaatkan sebagai nutrien dalam pertumbuhan *Botryococcus braunii*.

Pada hasil percobaan, diketahui air dadih (*whey*) tahu ini dapat digunakan sebagai pengganti nutrien sintetis karena masih mengandung unsur hara yang dibutuhkan mikroalga yang terdiri dari COD, nitrogen dan fosfor. Senyawa organik juga bisa dimanfaatkan oleh mikroalga sebagai sumber energi dan sumber karbon sekaligus mengurangi kebutuhan nutrisi tambahan bagi mikroalga tersebut [22]. Nutrisi berperan penting dalam pertumbuhan mikroalga sebagai sumber energi untuk menghasilkan biomassa.

Dapat dilihat pula pada tabel 1 bahwa penurunan kandungan COD maksimal terjadi pada variabel 3 dengan penambahan air dadih (*whey*) tahu sebesar 15 % volume yaitu sebesar 88,51 %. Penurunan COD pada variabel 2 dengan penambahan air dadih (*whey*) tahu sebesar 10% volume sebesar 83,33 %. Pada variabel 2 didapatkan jumlah biomassa dan lipid yang optimal meskipun penurunan COD tidak maksimal. Hal ini disebabkan semakin besar air dadih (*whey*) tahu yang ditambahkan, semakin besar pula protein yang terkandung. Tingginya kadar protein memungkinkan terbentuknya senyawa ammonia (NH₃) yang bila terlarut dalam air akan membentuk ion NH₄⁺. Ion NH₄⁺ dapat mengakibatkan menurunnya pembentukan lipid pada strain *Botryococcus braunii* yang ditandai dengan menurunnya aktifitas respirasi dan fotosintesis [23]. Berikut ini akan disajikan hubungan antara penurunan kandungan COD dengan jumlah biomassa yang dihasilkan.



Gambar 7. Hubungan antara kenaikan jumlah biomassa dengan penurunan kadar COD seiring waktu pada variabel optimum.

Gambar 7 menunjukkan bahwa Pemanfaatan nutrisi secara optimal terjadi pada fase eksponensial yang ditunjukkan dengan peningkatan jumlah biomassa yang dihasilkan, kemudian pada saat memasuki fase ketiga, yaitu penurunan laju pertumbuhan (*declining relative growth phase*) jumlah penambahan biomassa menurun. Pada fase keempat, yaitu fase stasioner tidak terjadi penambahan jumlah biomassa dan memasuki fase kelima, yaitu *death phase* jumlah biomassa terus menurun. Hal ini dikarenakan pada penelitian ini digunakan media kultivasi dengan sistem batch dimana kandungan nutrisi menurun setiap harinya. Kemudian pada suatu saat nutrisi tidak mencukupi sehingga alga mati karena kekurangan nutrisi. Hal ini ditandai dengan adanya perubahan warna air media kultivasi dari hijau menjadi keruh (pudar), adanya gumpalan mikroalga yang mengendap di dasar wadah kultivasi dan menurunnya nilai *optical density* [24].

KESIMPULAN

Kultivasi *Botryococcus braunii* menggunakan air dadih (*whey*) tahu mencapai hasil optimum pada konsentrasi 10% volume dengan *optical density* (OD) optimum pada hari ke-9 sebesar 0,802 dengan jumlah biomassa sebesar 2,4101 gram/liter dan kandungan lipid sebesar 0,8716 gram/liter. Kultivasi *Botryococcus braunii* menggunakan air dadih (*whey*) tahu dengan konsentrasi 10% volume ini lebih baik daripada menggunakan nutrisi sintetis. Penurunan COD pada konsentrasi penambahan air dadih (*whey*) tahu optimum (10% volume) adalah 83,33%, sedangkan penurunan COD maksimum terjadi pada konsentrasi penambahan air dadih (*whey*) tahu sebesar 15% dengan efisiensi penurunan 88,51%.

REFERENSI

- [1] Sudaryati, N.L.G., I.W. Kasa, I.W.B. Suyasa. 2007. *Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar sebagai Bahan Lumpur Aktif dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. Ecotrophic 3 (1): 21 – 29.
- [2] Hartati. 2010. *Tahu Makanan Bergizi*. Yogyakarta: Kanisius.
- [3] Nuraida. 1996. *Analisis Kebutuhan Air pada Industri Pengolahan Tahu dan Kedelai*.
- [4] Patil, V., Tran, K.Q., & Gislerod, H.R.. 2008. *Toward Sustainable Production of Biofuels from Microalgae*. Int. J. Mol. Sci., 9 : 1158 – 1195.
- [5] Özgül, S., Türkay, S., 1993. *In Situ Esterification of Rice Bran Oil with Methanol and Ethanol*. Jurnal American Oil and Chemical Society 70, 145 – 147.
- [6] Pamuji, Lanang, Maulana, Y.H.. 2004. *Pembuatan Bahan Bakar Biodiesel dari Minyak Goreng Kelapa Sawit dengan Proses Catalytic Cracking dan Katalis Zeolit*. Laporan Penelitian Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- [7] Gerpen, J.V.. 2005. *Biodiesel Processing and Production*. Fuel Processing Technology 86. 1097 – 1107.
- [8] Guerrero, M.G. 2010. *Bioethanol from microalgae?*. Instituto Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis. Sevilla. 26 pp.
- [9] Chisti, Y. 2007. *Biodiesel from microalgae*. J Biotechnology Advances 25 : 294 – 306.
- [10] Sim, S.J., An, J.Y., Kim, B.W.. 2001. *Two-phase Extraction Culture of Botryococcus braunii Producing Long-chain Unsaturated Hydrocarbons*. Biotechnol Lett. 23: 201 – 205.
- [11] Vandamme, D., Fourbert, I., Fraeye, I., Muylaert, K. 2012. Influence of Organic Matter Generated by *Chlorella Vulgaris* on Five Different Modes of Flocculation. *Bioresour. Technol.* 124, 508-511.
- [12] Suminto dan K. Hirayama. 1996. Effect on Bacterial Coexistence on The Growth of Marine Diatom Chaetoceros gracilis. Fisheries Science 62 (1), 40-43 (1996), Nagasaki University.
- [13] Hastuti, D., Handajani, H. 2001. *Budidaya Pakan Alami*. Fakultas Peternakan-Perikanan UMM. Malang.

- [14] AmbarD.2009.*Optimasi Pengembangan Media untuk Pertumbuhan Chlorella sp pada Skala Laboratorium*.IPB.Bogor.
- [15] Faradilla, A., Rima, A.2011. Pemanfaatan Air Limbah Pabrik Pupuk Kadar Amonia Tinggi sebagai Media Kultur Mikroalga untuk Perolehan Sumber Minyak Nabati sebagai Bahan Bakar Biodiesel. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [16] Casadevall, E., Dif, D., Largeau, C., Guidin, C., Chaumont, D. and Desanti, O.. 1985. *Studies on Batch and Continuous Cultures of Botryococcus braunii: Hydrocarbon Production in Relation to Physiological State, Cell Ultrastructure and Phosphate Nutrition*. Biotechnology and Bioengineering. 27. 286 – 295.
- [17] Widjaja, Arief., Chien, Chou-Chang, and Ju, Yi-Hsu. 2009. Study of increasing lipid production from fresh water microalgae. *J. Taiwan Institute of Chem Eng.* 40, 13-20.
- [18] Wang, L., Li, Y., Chen, P., Min, M., Chen, Y., Zhu, J., Ruan, R.2010. Anaerobic Digested Dairy Manure as a Nutrient Supplement for Cultivation of Oil-Rich Green Microalgae *Chlorella Sp.**Bioresour.Technol.*101, 2623-2628.
- [19] Perez-Garcia, O., Ecalante, F., de-Bashan, L., and Bashan, Y. 2011. Heterotrophic culture of microalgae: Metabolism and potential products. *Water Research.* 45. 11 – 36.
- [20] Oh Hama, T. dan S. Miyachi. 1988. *Chlorella*. Ln : M. A. Borowitzka & L. J.Borowitzka (Eds.) Microalga Biotechnology Cambridge Univ. Press :3-26 hlm.
- [21]Singh, J., Gu, S.. 2010. Commercialization potential of microalgae for biofuels production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 14. 2596-2610.
- [22] Yang, C., Hua, Q., Shimizu, K., 2000. Energetics and carbon metabolism during growth of microalgal cells under photoautotrophic, mixotrophic and cyclic light-autotrophic/dark-heterotrophic conditions. *Biochem. Eng. J.* 6 (2), 87–102.
- [23] Ohmori, M., Wolf, F.R. and Bassham, J.A.. 1984. *Botryococcus braunii Carbon/Nitrogen Metabolism as Affected by Ammonia Addition*. *Archives of Microbiology*, 140, 101 – 106.
- [24] Kwaroe, M., Prartono, T., Sunuddin, A., Augustine, D., Sari, DW. 2010. *Mikroalga : Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. Bogor : IPB Press. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

KAJIAN EKSPERIMEN DAN PEMODELAN PENGERING DAUN WASABI DALAM PENGERING RAK DENGAN PEMANAS GAS

Didik Iswadi dan Suherman

*Jurusan Teknik Kimia FT UNDIP Universitas Diponegoro
Kampus Tembalang, Semarang 50275

Email : didikiswadi@gmail.com, HP : 087832731827

Abtrak

Penelitian ini mempelajari eksperimen dan pemodelan pengeringan daun wasabi dalam pengering rak dengan pemanas gas. Tujuannya adalah Mendapatkan kurva pengeringan suhu dan waktu daun wasabi dalam pengering rak. Mempelajari pengaruh suhu dan waktu pengeringan terhadap laju pengeringan. Melakukan pemodelan kurva pengeringan daun wasabi menggunakan model lapisan tipis. Metode penelitian ini faktor pertama melakukan pengeringan selama 7 jam dan faktor kedua adalah menggunakan suhu pengeringan 40, 60, 80, 100, 120°C. Variabel yang diamati meliputi kandungan kadar air % (kg/g), warna daun wasabi dan kandungan TPC (koloni/g) dalam daun wasabi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa. Pengeringan pada suhu 80, 100 dan 120°C merupakan pengeringan yang berhasil, karena pada suhu tersebut kadar air mencapai angka 7-10% yang mengakibatkan penurunan kadar air sangat lambat sebab kadar air mencapai kesetimbangan. Selama pengeringan pada suhu 80, 100 dan 120°C laju pengeringan meningkat diamati selama awal 150 menit. Setelah itu, laju pengeringan terus menurun dengan perubahan sangat besar, akibatnya kadar air menyusut mencapai berat konstan yang dimulai pada waktu 240 menit. Pengeringan yang sesuai dengan karakteristik pengeringan lapisan tipis, dalam penelitian ini adalah model Newton pada suhu 40°C dan 60°C dengan persamaan $MR_{Newton} = \exp(-k_d t)$ nilai koefisien $n = 0,000$ untuk suhu 40°C dan $n = 0,001$ untuk suhu 60°C.

Kata kunci : Daun wasabi

Abstract

This research studies the experimental and modeling wasabi leaf drying in a dryer rack with gas heaters. The goal is Getting the drying temperature and time curve wasabi leaf in the dryer rack. Study the effects of temperature and drying time of the drying rate. Drying curve modeling wasabi leaf using a thin layer model. The research method is the first factor drying for 7 hours and the second factor is the use of a drying temperature of 40, 60, 80, 100, 120°C. Variables observed included % moisture content (kg/g), wasabi leaf color and content of TPC (colonies/g) in the leaves of wasabi. The results showed that. Drying at 80, 100 and 120°C is drying successful, because at these temperatures the water content reaches 7-10%, which resulted in a decrease in water content is very slow because water levels peak at equilibrium. During drying at 80, 100 and 120°C drying rate increases were observed during the initial 150 minutes. After that, the drying rate continued to decline with a very big change, consequently shrinking water levels reach a constant weight that starts at time 240 minutes. Drying according to the drying characteristics of the thin layer, in this study is a model of Newton at 40°C and 60°C with Newton's equation $MR = \exp(-k_d t)$ coefficient $n = 0,000$ to 40°C and $n = 0.001$ for 60°C

Keywords: Leaf wasabi

Pendahuluan

Daun wasabi bahasa latin (Cruciferae) adalah tanaman asli Jepang dari suku kubis-kubisan. Parutan rimpang (rizoma) yang juga disebut wasabi, dimakan sebagai penyedap masakan Jepang, seperti sashimi, sushi, soba, dan ochazuke. Daun, tangkai, dan rizoma memiliki aroma harum, sekaligus rasa tajam menyengat hingga ke hidung. Unsur kimia yang menjadikan wasabi memiliki rasa menyengat (pedas) adalah isothiocyanat. Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa wasabi mengandung bahan kimia alami yang sangat ampuh terhadap berbagai kanker. Zat kimia ini dikenal sebagai isothiocyanate (6-methylthiohexyl isothiocyanate, 7-methylthioheptyl isothiocyanate, dan 8-methylthiooctyl isothiocyanate), senyawa ini bersifat anti mikroba. Di alam bebas daun wasabi hanya tumbuh liar daerah beriklim sejuk. Wasabi bermanfaat sebagai penghambat pertumbuhan bakteri, daun dan bunga wasabi dapat dimanfaatkan sebagai [tempura](#), wasabi digunakan sebagai perasa untuk berbagai produk makanan ringan hingga es krim, serbuk wasabi dan wasabi dalam tube sebagai bahan pengganti berupa [lobak](#) yang dicampur rizoma *Armoracia rusticana*, wasabi dapat digunakan bahan pewarna makanan. Wasabi telah terbukti efektif penyembuh terhadap kanker lambung, kanker paru-paru, leukemia dan kanker payudara (Depree dkk., 1999).

Daun wasabi saat ini tidak terlalu terkenal. Keberadaan daun wasabi juga terbatas. Kebanyakan masyarakat belum tahu kegunaan dan kasiat daun wasabi. Tanaman wasabi di Indonesia ditanam oleh orang Jepang yang menanam saham di Indonesia. Daun wasabi termasuk salah satu jenis sayuran yang sangat mudah mengalami kerusakan setelah pemanenan, baik kerusakan fisik (fisiologis), mekanis, maupun mikrobiologis (serangan hama dan penyakit). Daun wasabi banyak ditanam di daerah Batur, Dieng, Wonosobo dengan luas 5 hektar. Untuk mencegah kerusakan-kerusakan tersebut, maka perlu penanganan hasil panen yang baik. Salah satu cara untuk

memperpanjang umur simpan daun wasabi adalah pengeringan. Cara ini cukup banyak digunakan untuk penanganan pasca panen daun wasabi.

Proses pengeringan daun wasabi menggunakan jenis alat pengering rak dengan mengontrol suhu dan waktu. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kurva pengeringan suhu dan waktu daun wasabi dalam pengering rak. Kedua untuk mempelajari pengaruh suhu dan waktu pengeringan terhadap laju pengeringan dan kualitas daun wasabi. Ketiga melakukan pemodelan kurva pengeringan daun wasabi menggunakan model lapisan tipis.

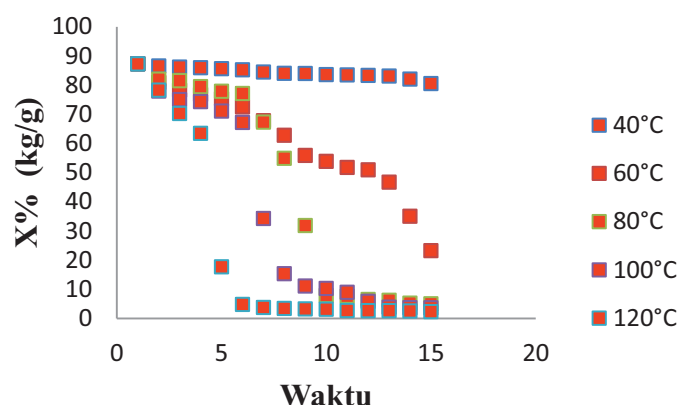
Metode Penelitian

Persiapan dengan melakukan penirisan daun wasabi I memakai basket berlubang selama ± 5 menit ditempat terbuka, penirisan II dengan box mesin pengering selama 15 menit. Melakukan pengeringan menggunakan mesin pengering selama 7 jam dengan suhu 40, 60, 80, 100, 120°C. Masing – masing suhu melakukan proses pengeringan selama 7 jam. Setiap suhu dalam proses pengeringan mengambil sampel sebanyak 25 gram setiap 30 menit.

Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi variabel independen (perlakuan), yaitu lama pengeringan dan penggunaan suhu. Variabel dependen meliputi kandungan kadar air % (kg/g), warna daun wasabi dan kandungan TPC (koloni/g) dalam daun wasabi. Percobaan ini memakai dua faktor yaitu faktor A yaitu pengeringan dengan suhu 40, 60, 80, 100, 120°C. Faktor B (lama pengeringan) yaitu melakukan pengeringan selama 7 jam pada masing-masing suhu.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Suhu Terhadap Penurunan Kurva Pengering Daun Wasabi.

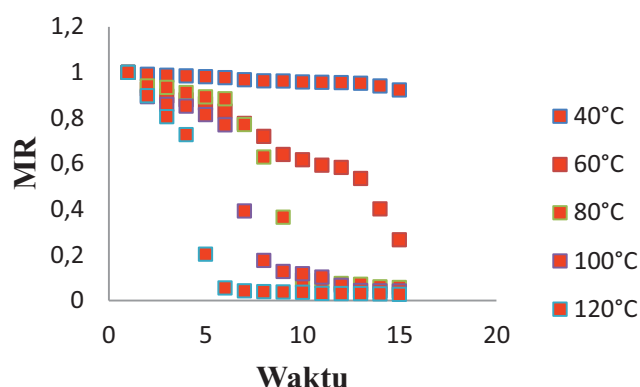


Gambar 4.1 Grafik Penurunan Kadar Air Daun Wasabi Pada Beberapa Suhu Pengeringan yang Berbeda

Gambaran 4.1 grafik kadar air menunjukkan bahwa pengeringan daun wasabi pada suhu 40°C membutuhkan waktu pengeringan yang lebih lama dibandingkan pengeringan daun wasabi dengan suhu yang 60, 80, 100 dan 120°C. Pengeringan pada suhu 40°C tidak berhasil, karena pada suhu tersebut penurunan kadar air tidak berbeda jauh dari menit keminut. Mulai angka 70% terjadi penurunan kadar air sangat tajam hingga kadar air 10%. Selanjutnya penurunan kadar air sangat lambat atau bahkan tidak ada penurunan. Pengeringan pada suhu 80, 100 dan 120°C merupakan pengeringan yang berhasil, karena pada suhu tersebut kadar air mencapai angka 7-10% yang mengakibatkan penurunan kadar air sangat lambat sebab kadar air mencapai kesetimbangan.

Moisture Ratio (Rasio Kelembaban)

Laju penurunan nilai MR terhadap waktu pengeringan ditunjukkan pada Gambar 4.2

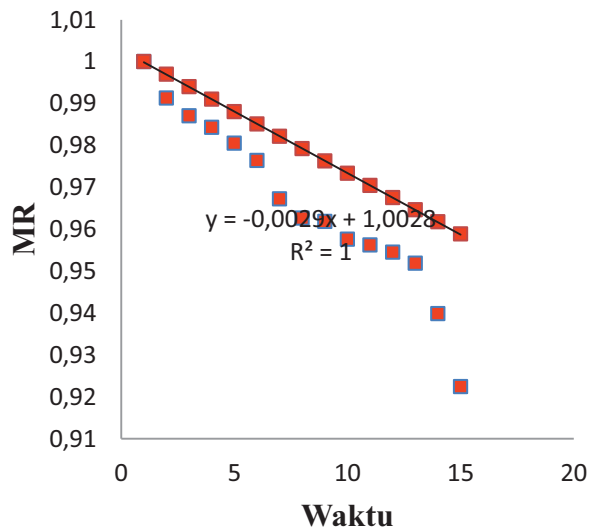


Gambar 4.2 Grafik MR (Moisture Ratio) Selama Proses Pengeringan Daun Wasabi

Berdasarkan Gambar 4.2 di atas, penurunan nilai MR (*Moisture Ratio*) yang terjadi sejalan dengan penurunan nilai kadar air bahan selama proses pengeringan. Pada gambar di atas, nilai MR dari suhu 80, 100 dan 120°C terlihat penurunan MR yang sangat drastis. Pada suhu tersebut menunjukkan penurunan kadar air yang sangat tinggi dalam penggunaan suhu yang besar dan lamanya waktu pengeringan. Jadi besarnya penurunan MR tergantung pada besarnya suhu yang dipakai dan lamanya waktu pengeringan. Nilai MR di atas, selanjutnya digunakan untuk menentukan model pengeringan.

Kesesuaian Model Pengeringan

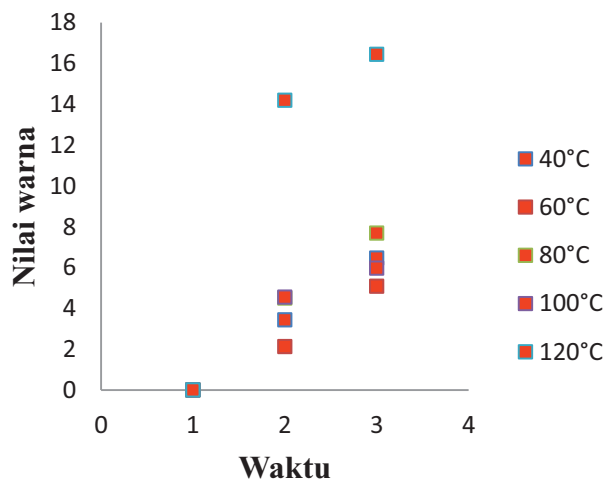
Berdasarkan hasil analisa model pengeringan yang telah diuraikan sebelumnya, maka tingkat kesesuaian model pengeringan yang ditunjukkan pada grafik hubungan model pengeringan pada lima level suhu pengeringan menunjukkan kecenderungan nilai prediksi model terhadap nilai hasil observasi yang semakin dekat. Grafik akan semakin menunjukkan bahwa pengeringan yang sesuai dengan karakteristik pengeringan lapisan tipis, dalam penelitian ini adalah model Newton dengan suhu 40°C dan 60°C



Gambar 4.3 Grafik Nilai MR (Moisture Ratio) Model Newton dengan Observasi Pada Suhu 40°C

Perubahan Warna Nilai ΔE^* Daun Wasabi selama Pengeringan

Dari hasil pengolahan data warna, perubahan nilai ΔE^* (tingkat perubahan nilai L^* , a^* dan b^*) untuk warna pada daun wasabi selama proses pengeringan pada lima level suhu ditunjukkan pada grafik berikut.



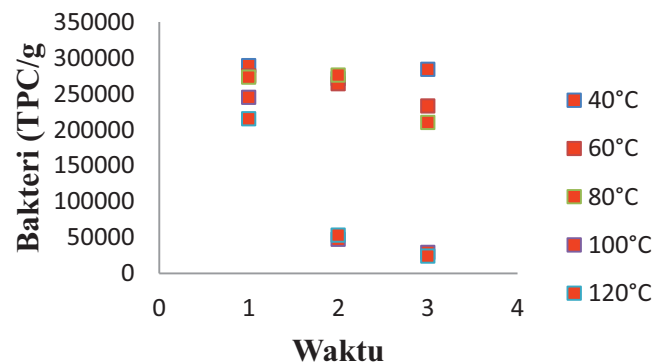
Gambar 4.13 Perubahan Nilai ΔE^* Selama Proses Pengeringan Daun Wasabi

Grafik perubahan nilai ΔE^* pada Gambar 4.11 menunjukkan perubahan yang terjadi cenderung meningkat. Peningkatan ini terlihat jelas untuk masing-masing suhu yaitu 60, 80, 100 dan 120°C, tetapi pada suhu 40°C

mengalami tidak kesesuaian dengan suhu 60°C. Perubahan nilai ΔE^* suhu 40°C lebih besar dari pada suhu 60°C. Semua suhu menunjukkan besarnya perubahan nilai L^* , a^* dan b^* selama proses pengeringan. Masing-masing suhu pada grafik tersebut memperlihatkan perubahan yang sama mulai dari periode awal pengeringan sampai pada periode akhir pengeringan. Nilai L^* , a^* , dan b^* pada bahan akan cenderung berubah ketika bahan mengalami perlakuan seperti pengeringan. Hal tersebut terjadi karna dipengaruhi oleh parameter selama pengeringan seperti suhu pengeringan dan lamanya waktu pengeringan (Culver et al., 2008).

Pengujian Total Bakteri (Total Plate Counter, TPC) Pada Pengeringan Daun Wasabi

Jumlah total bakteri (Total Plate Counter, TPC) pada pada pengeringan daun wasabi dapat dilihat pada gambar 4.14 dibawah.



Gambar 4.14 Grafik TPC (koloni/g) Pada Pengeringan Daun Wasabi

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, suhu 100°C dan 120°C merupakan suhu yang terbaik dalam melakukan pengeringan daun wasabi. Pada suhu tersebut melihat bahwa jumlah TPC yang semakin sedikit. Pada suhu 100°C dan 120°C penurunan jumlah TPC menurun drastis dibandingkan suhu yang lainnya. Peristiwa ini membuktikan semakin besar suhu dan lama waktu yang dipakai akan mengakibatkan

semakin sedikit jumlah total bakteri (*Total Plate Counter*, TPC) pada daun wasabi

Simpulan

Pengeringan pada suhu 80,100 dan 120°C merupakan pengeringan yang berhasil, karena pada suhu tersebut kadar air mencapai angka 7-10% yang mengakibatkan penurunan kadar air sangat lambat sebab kadar air mencapai kesetimbangan.

Selama pengeringan pada suhu 80, 100 dan 120°C tingkat pengeringan meningkat diamati selama awal 150 menit. Setelah itu, laju pengeringan terus menurun dengan perubahan sangat besar, akibatnya, kadar air menyusut mencapai berat konstan yang dimulai pada waktu 240 menit.

Pengeringan yang sesuai dengan karakteristik pengeringan lapisan tipis, dalam penelitian ini adalah model Newton pada suhu 40°C dan 60°C dengan persamaan $MR_{\text{Newton}} = \exp(-k_d t)$ nilai koefisien $n = 0,000$ untuk suhu 40°C dan $n = 0,001$ untuk suhu 60°C.

Saran

Pengeringan daun wasabi dengan pengering rak menggunakan pemanas gas bisa dicoba untuk diaplikasikan lebih lanjut untuk menemukan metode pengeringan yang lebih baik. Peneliti harus menguasai dan memahami dengan baik pada penelitian yang dilakukan.

Daftar Pustaka

Depree J.A., Howard T.M and Savage G.P. 1999. Flavour and pharmaceutical properties of the volatile sulphur compounds of Wasabi (*Wasabia japonica*). Food Research International. Vol. 31. No. 5. pp. 329-337.

Vuong, Q.V., Golding, J.B., Nguyen, M.H., & Roach, P.D. 2012. Production of caffeinated and decaffeinated green tea catechin powders from underutilised old tea leaves. Journal of Food Engineering. 110 1 – 8.

Sudaryanto., Soetrisno A dan Emi S. 2005. Penuntun Praktikum Mata Kuliah

Teknologi Mesin Pertanian. Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjajaran.

Berli A.U., Darvina Y dan Yulkifli. 2013. Pengaruh pengukuran sifat fisis dan sifat mekanis papan partikel sampah daun kering berdasarkan ukuran butir. Pillar Of Physics. Vol. 1. 85 – 91.

Standar Nasional Indonesia. 2009. Tanaman Wasabi (SNI 7387-2009). Badan Standardisasi Nasional.

Mahadi. 2007. Model Sistem dan Analisa Pengering Produk Makanan. USU Repository. Universitas Sumatera Utara.

Blum, P. 1997. *Physikcal Properties Handbook-Chapter 7 Reflectance Spectrophotometry*. Texas A&M University. Texas, USA.

Brooker D. B., Bakker-arkema F.W and Hall C.W. 1981. Drying Cereal Grains. Avi Publishing Company Inc. West Port, Connecticut.

Istadi., Sumardiono Y dan Soetrisnanto D. 2002. Penentuan Konstanta Pengeringan dalam Sistem Pengeringan Lapis Tipis (Thin Layer Dring). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia. Hotel Sahid Jaya Jakarta.

Sodha M. S., Bansal N.K., Kumar A., Bansal P.K and Malik M.A.S. 1987. Solar Crop Drying. Volume I. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.

Henderson S.M. and Perry R.L. 1976. Agricultural Process Engineering. 3rd ed. The AVI Publ. Co., Inc, Wesport, Connecticut, USA.

Sitkei G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Developments in Agricultural Engineering 8. Elsevier Science Publishers. Budapest, Hungary.

Yadollahinia A.R., Omid M and Rafiee S. 2008. Design and Fabrication of Experimental Dryer for Studying Agricultural Products. Int. J. Agri.Bio., Vol. 10, Page 61-65.

- Lydersen A.L. 1983. Mass Transfer in Engineering Practic, John Willey & Sons, New Delhi.
- Pascale, D. 2011. Babel Color, Color Translator and Analyzer Version 3.1. Help Manual Publisher. Montreal, Quebec, Canada.
- Porter H.F., Schurr G.A., Wells D.F and Semrau K.T. 1992. Solids Drying and Gas-Solid Systems. McGraw-Hill, New York.
- Taib S., Said G dan Wiraatmadja V. 1988. Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian. MSP. Jakarta.
- I Gusti, N.A. 1996. Pigmen Pada Pengolahan Buah dan Sayur (Kajian Pustaka). Majalah Ilmiah Teknologi Pertanian Vol. 2, No. 1, hal 57-59.
- Leon K., Mery D and Pedreschi F. 2005. Color Measurement in L*a*b* Units From RGB Digital Images . Publication in Journal of Food Engineering Vol. I, Page 1-23.
- Culver., Catherine A and Wrolstad R. E. 2008. Color Quality of Fresh and Processed Foods. ACS Symposium Series 983. ACS Division of Agricultural and Food Chemistry, Inc. Oxford University Press. American Chemical Society, Washington, DC.
- Anonim. 2008. Insight On Color: CIE L*a*b* Color Scale. Technical Services Department Hunter Associates Laboratory, Inc. Applications Note, Vol. 8, No. 7, Page 1-4.
- Fardiaz. 1989. *Analisis Mikrobiologi Pangan*, Departemen P dan K Dirjen Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. ITB, Bogor.
- Subroto W., Z. Sandy dan A. Choliq. 1990. *Pengaruh Pengepakan Terhadap Mutu Teri Kering Selama Penyimpanan*. Penelitian Pasca Panen. No 64 19 – 27.
- Jutono., Joedoro Soedarsono., Sri Hartadi., Siti Kabirun., Suhadi dan Soesanto. 1980. *Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum (Untuk Perguruan Tinggi)*, Penerbit Departemen Mikrobiologi Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Dutta P.P and Baruah D.C. 2014. Drying modelling and experimentation of assam black tea (*Camellia sinensis*) with producer gas as a fuel. *Applied Thermal Engineering*. 63 495 – 502.
- Standar Nasional Indonesia. 2006. Metode Pengujian Kadar Air. (SNI-2354.2-2006). Badan Standardisasi Nasional.

ISBN 9786027208612

